

Colors of Nature Pflanzenfarbstoff in der Praxis

A. Wallner, A. Wenisch

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

56/2011

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Colors of Nature

Pflanzenfarbstoff in der Praxis

Mag. Andrea Wallner, Ing. Antonia Wensch, Mag. Gabriele Bernhofer, Mag. Nadia Prauhart (Österreichisches Ökologie-Institut)

Dr. Thomas Bechtold, Bsc. Amalid Mahmud-Ali, Mag. Christa Fitz-Binder, Peter Leitner, Edith Winder, Christiane Bilgeri (Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck)

Christian Pladerer (Colors of Nature - Farben der Natur GmbH)

Mag. Klaus Ladstätter (DI David Fussenegger Textil GmbH)

Dieter Oberscheider (Fussenegger Heimtextilien GmbH)

Daniela Lehle, Björn Hens (Gluecksstoff.de)

Elisabeth Sauerkrein, Manuela Eisner (Leinenweberei Vieböck GmbH)

Michael Riehl, Jim Valakuzhy (Schoeller Hard GmbH & CoKG)

DI Dr. Bettina Mihalyi, Daniel Gómez Verbel (TU Wien Institut für Verfahrenstechnik)

Dr. Thomas Huber (Huber Ventures, Unternehmensberater)

Wien, Oktober 2011

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
KURZFASSUNG	5
ABSTRACT	6
EINLEITUNG	7
ERGEBNISSE DES PROJEKTES	8
ROHSTOFFZULIEFERUNG/LAGERUNGSLOGISTIK.....	8
<i>Rohstoffkatalog Colors of Nature</i>	9
<i>Rohstoffbeschaffungskonzept</i>	10
<i>Rohstoffverfügbarkeit</i>	18
ABNAHMEPARAMETER.....	19
<i>Kriterien zur Rohstoffbewertung</i>	19
<i>Trocknung</i>	21
<i>Einflüsse des Wachstumsstadiums</i>	24
LAGERPARAMETER	26
<i>Nötige Rohstoff-Lagerbedingungen</i>	27
<i>Lagerungsversuche</i>	29
TECHNISCHER UPSCALE.....	31
<i>Wahl des Färbeverfahrens</i>	31
<i>Beschreibung des Extraktionsverfahrens im Labormaßstab</i>	33
<i>Grundvorgang des Verfahrens</i>	34
<i>Maschinenpark</i>	36
<i>Anlagengröße</i>	40
<i>Färbevorgang</i>	41
QUALITÄTSSTANDARDS	42
<i>Musterfärbungen/Produktkonzepte</i>	42
<i>Qualitätsbewertung</i>	47
<i>Bestimmung der Echtheiten</i>	48
OPTIMIERUNG DER KOOPERATION	49
<i>Vision der Kooperation</i>	49
<i>Kooperationsziele</i>	50
<i>Kooperationsskizze</i>	50
<i>Kooperationsinhalte</i>	51
MARKTANALYSE.....	54
DETAILANGABEN IN BEZUG AUF DIE ZIELE DER PROGRAMMLINIE	55
EINPASSUNG IN DIE PROGRAMMLINIE	55
BEITRAG ZUM GESAMTZIEL DER PROGRAMMLINIE	55
BEITRAG ZU DEN LEITPRINZIPIEN NACHHALTIGER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG.....	56
<i>Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen</i>	56
<i>Effizienzprinzip</i>	56
<i>Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit erneuerbarer Ressourcen</i>	56
<i>Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit</i>	56
<i>Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge</i>	57
<i>Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung</i>	57
<i>Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität</i>	57
BEITRAG ZU DEN ZIELEN DER 4. AUSSCHREIBUNG.....	58
<i>Nutzung nachwachsender Rohstoffe</i>	58
<i>Innovationsgehalt</i>	58
EINBEZIEHUNG DER ZIELGRUPPEN	58
UMSETZUNGSPOTENTIAL	59
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	60
LITERATURVERZEICHNIS	62
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	65
TABELLENVERZEICHNIS	66

Kurzfassung

Die Verwendung von Pflanzenfarben zur Textilfärbung hat jahrhundertelange Tradition, ist aber trotz wesentlicher Umweltvorteile in der modernen betrieblichen Textilindustrie nahezu nicht mehr zu finden. Auch ökologische Textilien werden fast ausschließlich synthetisch gefärbt. Ein wesentlicher Grund hierfür waren die bisher fehlenden AnbieterInnen standardisierter Pflanzenfarbstoffe für industrielle Färbeprozesse. Im Projekt „Colors of Nature - Pflanzenfarbstoff in der Praxis“ wurde vom Österreichischen Ökologie-Institut und dem Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck ein innovatives Produktionsverfahren für Pflanzenfarbstoffe entwickelt, welches die Qualitätsanforderungen der Textilindustrie erfüllt. Die Forschungsergebnisse werden von der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH für eine dauerhafte Implementierung des Pflanzenfarbstoffes in der Textilindustrie verwendet.

Pflanzenfarbstoffe sind ökoeffiziente Produkte, die über die gesamte Wertschöpfungskette zur Umweltentlastung beitragen. Sie werden aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. Reststoffen (z.B. Zwiebelschalen, Rinden) hergestellt, enthalten keine schädlichen Stoffe und schonen bei ihrer Produktion die Medien Luft, Boden und Wasser. Die Rückstände der Farbstoffherstellung können kompostiert und damit dem biologischen Kreislauf wieder zugeführt werden. Durch Ersatz von synthetischen Farbstoffen auf Mineralölbasis trägt der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der Textilindustrie aktiv zum Klimaschutz bei und fossile Rohstoffreserven werden geschont.

Das Hauptziel des Projektes "Colors of Nature - Pflanzenfarbstoff in der Praxis" war die Klärung von Forschungsfragen verschiedener Bereiche als nötige Basis für die Implementierung des Produkts "Pflanzenfarbstoff" in den Textilmarkt. Durch Umstellung des ursprünglich geplanten Färbeprozesses (Färbung mittels Färbepflanzen in Stoffbeuteln) auf die Verwendung eines Pflanzenfarbstoffextrakts in Pulverform ist diesbezüglich eine nachhaltige Innovation im Projekt gelungen. Die Herstellung von Pflanzenfarbstoffextrakt geht auf die ermittelten Bedürfnisse der färbenden Betriebe ein. Das Extrakt weist gegenüber den Färbebeutel deutlich weniger Gewicht und Volumen und eine dementsprechend höhere Transporteffizienz und wesentlich erleichterte Lagerung auf.

Im Rahmen des Projekts wurden Fragen der Rohstoffzulieferung und Abnahmeparameter geklärt, der technische Herstellungsprozess im halbtechnischen Maßstab wurde entwickelt, die Qualitätsstandards wurden optimiert. Die gewonnen Erkenntnisse wurden in Kooperation mit Firmenpartnern der färbenden Industrie in Produktmuster umgesetzt. Die Kooperation zwischen den Gliedern der textilen Wertschöpfungskette wurde strukturiert – der Informationsfluss, die Qualität des Produktes und die Nutzung der Vorteile für alle Partner wurden dadurch optimiert. Der Zielmarkt wurde analysiert, eine Marketingstrategie für die Colors of Nature – Farben der Natur GmbH erstellt.

Die Ergebnisse wurden im Betriebshandbuch zusammengeführt, welches der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH als Grundlage für die Produktion des Pflanzenfarbstoffs und damit für eine dauerhafte Durchsetzung der Pflanzenfärbung in der Textilindustrie dient.

Abstract

The use of natural dyes (vegetable dyes, made out of plants) for dyeing textiles has a long tradition, but despite considerable ecological advantages modern textile industry is nearly exclusively using synthetic dyestuff. In the large majority of cases, also organic textiles are dyed with conventional dyes. A reason for that is the lack of standardized plant dyestuff for the prevalent industrial dyeing processes. Within the project "Colors of Nature – vegetable dyes in practice" the Austrian Institute of Ecology and the Institute of Textile Chemistry and Textile Physics of the University of Innsbruck have developed an alternative production method for natural dyestuff, which fulfils the quality standards of the dyeing industry. The results of the research are used by the Colors of Nature GmbH for the implementation of the natural dyestuff in textile industry.

Natural dyes are eco-efficient products, which provide the following ecological advantages compared to conventional dyestuff: The raw materials for the dyes are regional dyeing plants from organic agriculture as well as waste materials from the food industry and from wood processing. The natural dyes don't contain harmful substances and are produced in an eco-friendly process. Environmentally compatible disposal methods are available to eliminate waste from the production of vegetable dyes. The consumption of crude oil, on which synthetic dyes are based, is reduced; this also helps protecting the climate.

The main goal of the "Colors of Nature - vegetable dyes in practice" project was to answer certain research questions necessary for the successful implementation of vegetable dyes as a product in the textile market. Sustainable innovation has been achieved by the adjustment of the dyeing process: Whereas during the first experiments dyeing plants in textile bags were used – the newly developed technology yields plant pigments in powder form. This new production process reflects the requirements of the dyeing companies. Weight and volume of the powder are much smaller than those of the plant-bags – transport and storage are therefore easier and more energy-efficient.

Within the project research questions within the following areas were worked on: Supply of raw material including acceptance criteria, upscale of the production process to a semi-industrial scale, optimization of the quality standards. The results were used to produce samples of naturally dyed textiles together with partners of the dyeing industry. The co-operation between the members of the textile production chain was structured: the exchange of information, the quality of the product and the advantages for the members have thereby been optimized. Further more, the target market was analyzed and a marketing strategy for the Colors of Nature GmbH was made.

The results were brought together within the operating manual, which is used by the Colors of Nature GmbH as a basis for the implementation of natural dyeing in the textile industry.

Einleitung

Die Verwendung von Pflanzenfarben zur Textilfärbung hat jahrhundertelange Tradition, ist aber trotz wesentlicher Umweltvorteile in der modernen betrieblichen Textilindustrie nahezu nicht mehr zu finden. Auch ökologische Textilien werden fast ausschließlich synthetisch gefärbt. Ein wesentlicher Grund hierfür waren die bisher fehlenden AnbieterInnen standardisierter Pflanzenfarbstoffe für industrielle Färbeprozesse.

In den letzten 10 Jahren wurden vom Österreichischen Ökologie-Institut und dem Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck Methodiken der Textilfärbung mit pflanzlichen Rohstoffen als erfolgversprechende Alternative Färbung mit synthetischen Farbstoffen entwickelt. Neben der technischen Machbarkeit war eines der wichtigsten Ergebnisse, dass die Anwendung von Pflanzenfarbstoff nur dann in die Textilindustrie implementiert werden kann, wenn der Farbstoff mit den für die Industrie notwendigen Qualitäten angeboten werden kann. Im jüngsten Vorgängerprojekt „Riskmin– Risikominimierung entlang der Wertschöpfungskette“ wurden die wirtschaftlichen Chancen für ein solches Unternehmen erforscht und positiv bewertet. In der Folge wurde zur Implementierung und Vermarktung des Produktes die Colors of Nature – Farben der Natur GmbH gegründet.

Begleitend zu den Aktivitäten der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH wurden im Projekt „Colors of Nature – Pflanzenfarbstoff in der Praxis“ Forschungsarbeiten durchgeführt, um den Pflanzenfarbstoff marktreif zu machen.

Auf den folgenden Seiten wird ein Überblick über die Ergebnisse dieser technisch-wissenschaftlichen Begleitforschung gegeben. Folgende Inhalte werden dargestellt:

- Rohstoffzulieferung
- Abnahmeparameter
- Technischer Upscale
- Qualitätsstandards und Musterfärbungen
- Optimierung der Kooperation der Glieder der textilen Wertschöpfungskette
- Marketingkonzept

Ergebnisse des Projektes

Auszüge der Ergebnisse des Projektes „Colors of Nature – Pflanzenfarbstoff in der Praxis“ werden auf den folgenden Seiten zusammenfassend dargestellt.

Rohstoffzulieferung/Lagerungslogistik

Eine gesicherte **Rohstoffverfügbarkeit** ist notwendig für die Entwicklung einer konsequenten Wachstumsstrategie. Deshalb wurde vom Österreichischen Ökologie-Institut eine Reihe von Bezugsquellen für pflanzliches Färbematerial recherchiert. Neben den traditionellen Färbepflanzen können auch Nebenprodukte und Sekundärrohstoffe der lebensmittel-, und holzverarbeitenden Industrie zur Farbstoffgewinnung herangezogen werden. Die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe wurde bereits im Projekt „Riskmin“ untersucht – nun liegen aktualisierte Daten vor. Zusätzlich wurden auch neue Rohstoffquellen identifiziert und auf die Möglichkeit regionaler und kontinuierlicher Zulieferung untersucht.

Das Rohstoffversorgungskonzept beruht auf den Hauptsäulen **Nebenproduktverwertung** (Rohstoffe aus der holz- und lebensmittelverarbeitenden Industrie) und **Primärproduktion** (Rohstoffe aus der Landwirtschaft).

Drei Gesellschafter der Colors of Nature - Farben der Natur GmbH sind Biobauern, von diesen wurden und werden **Anbauversuche** mit wichtigen Färbepflanzen durchgeführt. Verschiedene Färberpflanzen (Resede, Färberhundskamille, Kanadische Goldrute) wurden in Bruck an der Leitha in den letzten Jahren erfolgreich angebaut. Bei zunehmendem Bedarf in den nächsten Jahren kann der kontrolliert biologische Anbau in Bruck an der Leitha entsprechend ausgeweitet werden. Investitionen in Rodungs-, Setz-, Erntemaschinen und Trocknungsanlagen können so besser ausgelastet und das Risiko somit für die Biobauern verringert werden. Ebenfalls müssen in den nächsten Jahren die technischen Grundlagen für Anbau, Ernte und Produktion weiter optimiert werden.

Zur **Auswahl geeigneter Rohstoffquellen** wurden im Vorprojekt FARB & STOFF: Sustainable Development durch neue Kooperationen und Prozesse (GEISSLER & GANGLBERGER 2003) folgende Fragen betrachtet:

- Wann und wie sind die Rohstoffe verfügbar?
- Gibt es eine saisonale Abhängigkeit oder fällt das Material kontinuierlich an?
- Welche Rohstoffmengen sind in Österreich verfügbar?
- Ist das Pflanzenmaterial sortenrein vorhanden oder ist eine vorherige Sortierung notwendig?
- Müssen zusätzliche Verarbeitungsschritte erfolgen?
- Sind die Rohstoffe durch Chemikalien und Schwermetalle belastet?

Folgende darin erarbeitete Kriterien stellen die **Grundlage für das Rohstoffversorgungskonzept** dar.

Für die Bereitstellung von Pflanzenmaterial durch die Landwirtschaft (Primärproduktion):

- Standortansprüche, die einen heimischen Anbau ermöglichen
- Ökologische Kriterien (kein Einsatz von Pestiziden und Mineraldünger)
- Kulturanleitungen vorhanden und verifiziert
- Hoher Farbstoffetrag pro Flächeneinheit
- Gute Mechanisierbarkeit bei der Feldproduktion
- Neue Perspektiven für LandwirtInnen

und für die Bereitstellung von Pflanzenmaterial aus Reststoffen der Holz- und Lebensmittelverarbeitung:

- Anfall der Reststoffe bei der Verarbeitung in Österreich
- Verfügbarkeit gegeben (Gesamtmenge, Anfall saisonal oder kontinuierlich)
- Sortenreiner Anfall
- Frei von Stoffen, die bei der Färbung oder Kreislaufschließung (Kompostierung, Rückführung auf die Felder) beeinträchtigen würden

Rohstoffkatalog Colors of Nature

Der Katalog umfasst eine Darstellung der im Projekt Colors of Nature verwendeten Rohstoffe. Als Rohstoffquelle zur Gewinnung von Naturfarbstoffen dient pflanzliches Material aus dem landwirtschaftlichen Anbau, aus Wildsammlungen und aus der lebensmittel-, bzw. holzverarbeitenden Industrie. Viele der angeführten Färberohstoffe sind auch als Standardprodukte im Handel erhältlich.

Ausgehend von den in den Vorprojekten „Potential an nachwachsenden Rohstoffen unter Aspekten der Nachhaltigkeit“ (GEISLER et al. 2001), FARB & STOFF (GEISLER & GANGLBERGER 2003) und TRADEMARK Farb&Stoff (RAPPL et al. 2005) erstellten Farbkarten und den im Rahmen dieses Projekts zusätzlich durchgeführten Ausfärbungen (entsprechende Echtheitsanforderungen) wurden die in Tabelle 1 für die Pflanzenfarbstoffgewinnung und -färbung ausgewählt.

Die ausgewählten Färberohstoffe werden aufgrund der verschiedenen Verarbeitungswege folgendermaßen unterteilt.

- Färbepflanzen (Resede, Kanadische Goldrute, Färberhundskamille)
- Rinden getrocknet (Erlen-, Eschen- und Fichtenrinde)
- Zwiebelschalen (von roter und gelber Zwiebel)
- Walnussschalen (grüne Schalen der unreifen Walnüsse, Braune Nussschale)

- Tannin (Rindenextrakt)

In Tabelle 1 sind die ausgewählten Rohstoffe, deren Farbstoffe und Farbtöne dargestellt - Abbildung 1 zeigt Beispiele daraus erzielter Färberesultate.

Rohstoff	Farbstoff	Farbe
Färberwau = Färber-Resede	Flavonoid, Luteolin, Glucoside, Apigenin, Isorhamnetin	gelb, beige, grün
Kanadische Goldrute	Flavonoid, Quercetin, Rutin	gelb, beige, grün
Färberhundskamille	Flavonoid, Apigenin, Luteolin	gelb, beige, grün
Erlenrinde	Tannin, Antrachinon, Harzsäure, Emodin, Alnulin, Hyperosid	braun, grau
Eschenrinde	Flavonoide, Tannin, Rutin, Quercetrin, Isoquercetrin, Astragalin	beige, grün
Fichtenrinde	kondensierte Gerbstoffe	grau, schwarz
Zwiebelschale	Flavonoid, Quercetrin, Quercitinglucoside, Kämpferol	orange, braun, grün
Grüne Nussschale	Naphtochinon, Juglon, Hydrojuglon, Hydrojuglonglucosid	braun
Braune Nussschale	Juglon, Quercetin,	beige, grün
Tannin	Tannin	anthrazit

Tabelle 1: Färberrohstoffe inkl. ihrer Farbstoffe und Färbungen



Abbildung 1: Farbmuster der einzelnen Färberrohstoffe Colors of Nature

Rohstoffbeschaffungskonzept

Färberpflanzen

Der Anbau von Färbepflanzen ist grundsätzlich mit dem Anbau von Heil- und Gewürzkräutern hinsichtlich Anbau- und Ernteverfahren, Spezialmaschinen sowie erforderlichen Anlagen zur Erntegutauflbereitung vergleichbar.

Färberwau = Färber-Resede (*Reseda luteola*)

Der Färberwau (*Reseda luteola*), eine verwilderte Kulturpflanze aus dem Mittelmeergebiet ist ein ein- bis zweijähriges Resedengewächs. Die Standort- und Bodenansprüche dieser Färbepflanze ermöglichen einen **Anbau** in Österreich. Eine entsprechende Kulturanleitung liegt vor und Pilotanbauten wurden bereits durchgeführt. Das Saatgut ist im Fachhandel erhältlich.

Anbau sowie Ernte sind gut mechanisierbar (Drillmaschine für Feinsämerei bzw. Jungpflanzenetzmaschine, Grüngüternter). Auf Basis der vorliegenden Erfahrungen sind Anbau, Ernte und Erntegutauflbereitung bei gegebener Maschinenausstattung kurzfristig realisierbar.

Der Färberwau stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht. Bei der Vorfruchtwahl ist besonders auf unkrautunterdrückende Eigenschaften zu achten. Vorfrüchte mit hoher Stickstoffbelastung im Boden sind wegen der negativen Auswirkungen auf den Farbstoffgehalt zu meiden. Als Nachfrucht kommt Getreide in Betracht (FNR 2004).

Aussaart:

- Drillaussaart mit praxisüblichen Drillmaschinen für Feinsämereien (TKG1 0,2 g)
- Saatzeit: Herbstaussaat Ende August bis Mitte September (Pflanzen müssen im Stadium der kleinen Rosette in den Winter gehen, da Keimpflanzen nicht frosthart sind), Frühjahrsaussaart so früh wie möglich im März bis April
- Saatstärke beträgt 3–5 kg/ha
- Saattiefe: so flach wie möglich (1-2 cm)
- Keimdauer: 2 - 3 Wochen
- Reihenabstand: 15 – 30 cm

Die Samen enthalten den meisten Farbstoff. Die Pflanze wird geerntet, sobald Stängel, Blätter und Kapseln grünlich-gelb geworden sind und Samen kaum noch verloren gehen. Die Ernte der gesamten Pflanze kann mit tiefschneidenden Mähbalken oder in der Futterernte eingesetzten Maschinen erfolgen. Anschließend erfolgt die zügige Trocknung der gesamten Pflanze bei Temperaturen zwischen 40 – 100 °C (PRINZ 2009). Der niedrigere Temperaturbereich ist wegen der besseren Energieeffizienz zu bevorzugen. Die Einwirkung von Sonnenlicht führt zu Qualitätsminderungen. Der Ertrag liegt unter Praxisbedingungen bei 35 bis 50 dt Trockenmasse/ha.

Die **Hauptfarbstoffe** des Färberwau sind Luteolin, Glucoside, Apigenin und Isorhamnetin (Farbstoffgruppe: Flavonoide). Der Gesamtflavonoidgehalt der Färber-Resede liegt ca. bei 2-4 % der Trockenmasse. Der Farbstoffgehalt ist in hohem Maße von Pflanzenorgan (höchste Gehalte in den Blütenkapseln, niedriger in den Stängeln), Trocknungsbedingungen des geernteten Krauts und Erntezeitpunkt (Ernten zu Blühbeginn enthalten höhere Konzentrationen als solche zu Beginn der Samenreife) abhängig (FNR 2004).

Bei *Reseda luteola* sind die Farbstoffgehalte ca. 10 Tage nach Blühbeginn am höchsten und nehmen anschließend wieder ab (siehe Abbildung 2).

Im Jahr 2010 wurde bei den Biobetrieben in Bruck an der Leitha Resede auf 0,5ha Fläche angebaut und rund 500kg geerntet. Durch Optimierung des Erntezeitpunktes (ca. 10 Tage

¹ Das Tausendkorngewicht ist eine wichtige Kenngröße für den Saatguthandel, die Pflanzenzüchtung und die Saatgutlagerung im Nutzpflanzenbau und wird insbesondere zur Mengenermittlung des auszusäenden Saatguts benötigt. Sie ist definiert als die Masse von genau 1000 trockenen Samenkörnern.

nach Blühbeginn) können der Ertrag und der Farbstoffgehalt erhöht werden. Ein Ausbau der Kooperation mit den Biobetrieben in Bruck an der Leitha zu einer raschen und kurzfristigen Ausweitung der derzeitigen Resedeproduktion ist möglich. Dies gilt für Produktionsmengen im Tonnenbereich.



Abbildung 2: Einfluss des Erntezeitpunktes auf Ertrag und Farbstoffgehalt von Färberwau (Quelle: FNR 2004)

Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*)

Die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) ist ein ausdauernder Korbblütler und stammt aus Nordamerika. Sie ist jedoch in Mitteleuropa weitverbreitet und vor allem an Ufern, Bahndämmen sowie in Auwäldern und Gebüsch anzutreffen. Hiesigen Bedingungen ist sie bestens angepasst. Tiefgründige, feuchte Böden in gutem Nährstoffzustand werden von Kanadischer Goldrute bevorzugt. Diese Standort- und Bodenansprüche ermöglichen einen **Anbau** auch in Österreich. Eine Kulturanleitung liegt vor, Saatgut ist im Fachhandel erhältlich. Kanadische Goldrute stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht. Es sollte jedoch auf unkrautunterdrückende Eigenschaften geachtet werden. Als Nachfrucht ist vor allem Getreide geeignet, um eventuellen Durchwuchs bekämpfen zu können (FNR, 2004).

Aussaat:

Aufgrund des niedrigen TKG (0,02 g) und der schlechten Fließigenschaften des Saatguts ist eine Direktsaat der Kanadischen Goldrute nicht möglich. Die einzige Möglichkeit zur Anlage von Goldrutenbeständen ist die Voranzucht der Jungpflanzen und das anschließende Auspflanzen ins Feld.

- Saatzeit: Ende Februar bis Anfang März in Saatschalen, anschließendes Pikieren der Jungpflanzen
- Keimdauer: 2 – 3 Wochen
- Pflanzung: ab Mitte April ins Freiland
- Reihenabstand: 20 – 30 cm, 10 – 15 Pflanzen/m²

Die durch das Auspflanzen verursachten Kosten fallen durch die mehrjährige Nutzung der Kanadischen Goldrute (mindestens 10 Jahre) ökonomisch nicht zu stark ins Gewicht.

Die Pflanze ist mehrjährig nutzbar, hohe Erträge sind ab dem zweiten Anbaujahr zu erwarten. Anbau und **Ernte** sind gut mechanisierbar (Jungpflanzensetzmaschine, Grünguternter). Der Anbau auf Basis der vorliegenden Erfahrungen bei gegebener Maschinenausstattung ist kurzfristig realisierbar und vermutlich kostengünstiger als bei Wurzeldrogen. Die Ernte der gesamten Pflanze erfolgt zur Zeit der Blüte mit tiefschneidenden Mähbalken oder Maschinen aus der Grünfütterernte. Das Erntegut wird bei 40 °C sofort getrocknet, anschließend gehäckselt oder geschnitten. Der Ertrag liegt bei 100 – 200 dt Trockenmasse/ha ab dem zweiten Anbaujahr (FNR, 2004).

Die **färbenden Hauptinhaltsstoffe** sind etwa zu gleichen Teilen Rutin und Quercitin (Farbstoffgruppe Flavonoide). Die Konzentration und damit die färberischen Eigenschaften scheinen in starkem Maße sortenabhängig zu sein. In ihren besten Formen steht die Kanadische Goldrute dem Färberwau in der Farbgebung kaum nach (PRINZ 2009).

Die **Wildsammlung** von Kanadischer Goldrute ist neben dem Anbau eine mögliche Bezugsquelle. MitarbeiterInnen der Lebenshilfe Vorarlberg haben Kanadische Goldrute für Versuchszwecke und als Färbematerial gesammelt und verarbeitet (10 – 50 kg).

Die Lebenshilfe ist nicht nur ein Dienstleistungsunternehmen für Menschen mit Behinderungen, sie ist auch Arbeitgeber für Menschen mit Behinderungen und ein wichtiger Wirtschaftspartner für viele Unternehmen. Eine Kooperation mit sozialintegrativen Betrieben ist ebenso denkbar. Sozialintegrative Unternehmen verstehen sich als neue Arbeitgeber und führen Unternehmen, deren Ziel die berufliche und soziale Integration von Menschen in schwierigen Lebenslagen ist. Im Bereich der Wildsammlung durch sozialintegrative Unternehmen ist somit ein zusätzlicher gesellschaftlicher Nutzen zu sehen.

Ein prinzipieller Anbau von kanadischer Goldrute ist in der Steiermark bei Therapiegarten – Institut für Pflanzenmedizin und Naturerfahrung (<http://www.therapiegarten.at/>) und Landesversuchsanstalt Wies (<http://www.kraeuterinbewegung.at/>) oder bei der oberösterreichischen Bergkräutergenossenschaft (www.bergkraeuter.at) möglich. Bei den Biobetrieben in Bruck an der Leitha sind im Jahr 2009 die Anbauversuche für Kanadische Goldrute wegen ungünstiger Wetterbedingungen gescheitert. Bei Bedarf kann Kanadische Goldrute aus Wildsammlung bezogen werden, somit ist die Rohstoffverfügbarkeit gegeben.

Färberhundskamille (Anthemis tinctoria)

Die Färberhundskamille ist ein zweijähriger Korbblütler mit langgestielten (ca. 1 m) gelben Blütenköpfchen, die zum Färben verwendet werden. Der Hauptfarbstoff der Kamillenblüten ist das Luteolin (Farbstoffgruppe Flavonoide).

Die in Süd- und Mitteleuropa sowie Westasien beheimatete Färberhundskamille stellt keine besonderen Ansprüche an das Klima. In Gebieten mit reichen Sommerniederschlägen neigt sie jedoch zu üppigem Blattwachstum und geringer Blütenbildung, was sich negativ auf den

Ertrag auswirkt. Da die Färberhundskamille äußerst tolerant gegenüber der Beschaffenheit des Bodens ist, gedeiht sie auf leichten wie auf schweren Böden und bei unterschiedlicher Bodenreaktion. Mäßig feuchte Standorte sind für den **Anbau** am besten geeignet, ein Anbau in Trockenlagen ist möglich. Staunasse Böden eignen sich nicht für den Anbau von Färberhundskamille, da hier der Blütenertrag zugunsten des Blattmasseertrages vermindert wird (FNR, 2004). Färberhundskamille kommt in Österreich vorwiegend wildwachsend vor. Standort und Bodenansprüche ermöglichen Anbau auch in Österreich, eine Kulturanleitung ist vorliegend und Saatgut ist im Fachhandel erhältlich. Färberhundskamille stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht. Wegen der Durchwuchsgefahr ist als Nachfrucht Getreide anzustreben.

Aussaart:

Färberhundskamille kann mit der üblichen Drilltechnik ausgesät werden.

- Saatzeit: Herbstaussaat ab August bis Ende September, Frühljahrsaussaat so früh wie möglich
- Saatstärke: ca. 2 kg/ha (TKG ca. 1 g)
- Saattiefe: 1 – 2 cm, so flach wie möglich
- Keimdauer: 2 – 3 Wochen
- Reihenabstand: 20 – 30 cm
- Saatbett unbedingt vor und nach der Saat walzen

Bei der Färberhundskamille muss eine mehrmalige Blütenpflücke durchgeführt werden, bei der Kamillenspückmaschinen eingesetzt werden können (Pflückleistung 250 kg/h, Tagesleistung bis 3,5 ha). Eine **Ernte** von Hand oder mit Pflückkämmen ist aus Kostengründen nicht vertretbar. Nach der Ernte erfolgt die Trocknung durch Kaltbelüftung. Das Erntegut ist in dünner Schicht bei 40 °C sofort zu trocknen. Der Ertrag liegt bei ca. 20–25 dt luftgetrockneten Blüten/ha (FNR, 2004).

Anbau und Ernte sind prinzipiell mechanisierbar (Drillmaschine für Feinsämerei bzw. Jungpflanzensetzmaschine, Kamillenspückmaschine). Ein Anbau auf Basis der vorliegenden Erfahrungen ist rasch realisierbar, allerdings sind eine Investition in Pflückmaschinen oder Versuche mit anderen Erntetechnologien (Schnitt) erforderlich, um die Rohstoffverfügbarkeit sicherzustellen.

Reststoffe aus der Holzverarbeitenden Industrie

Rinden sind Nebenprodukte der Holzbearbeitung und Holzverarbeitung. Im Jahr 2005 betrug das gesamte Holzaufkommen in Österreich knapp 40 Mio. Festmeter (fm). Gut 50 % des gesamten Holzaufkommens werden der Sägeindustrie zur Schnittholzproduktion zugeführt. Diese betrug im Jahr 2005 circa 11 Mio. fm. Beim Rundholzeinschnitt fielen ca. 2 Mio. fm an Rinde und 8 Mio. fm an Sägenebenprodukten (SNP), wie Hackgut, Späne und Spreißel an und wurden einer sekundären Verwertung zugeführt (KALT 2008).

Der Anteil der Rinde am Rundholz beträgt etwa 8 Gew.-% der Trockenmasse, bei Schwachholz liegt der durchschnittliche Wert bei etwa 10 Gew.-%. Legt man beim Einschlag ein durchschnittliches Trockengewicht von 500 kg/m³ Holz zugrunde, so ergibt sich auf Basis eines Anteils von 9 % folgende theoretische Menge: 0,8 Mio.t TS/a. Zurzeit wird ein Teil der Rinden – mit Ausnahme der Waldentrindung- im Anfallwerk selbst energetisch genutzt, der größere Rest wird an Dritte abgegeben, entweder zur energetischen Verwertung oder zur Herstellung von Rindenhumus und anderen Rindenprodukten für Landwirtschaft und Gartenbau (MARUTZKY 2004).

Für den Ertragswald in Niederösterreich ergibt sich auf Basis eines Anteils von 8 % eine theoretische Rindenmenge von 560 t/a für Schwarzerle, 2.640 t/a für Esche und 76.200 t/a für Fichte (siehe Tabelle 2).

Baumbestand 2000-2002 im Ertragswald Niederösterreich [Stammzahl in Stk.]		Jährliche Gesamtnutzung [in 1.000 vfm]
Schwarzerle	8.807.000	14
Esche	27.633.000	66
Fichte	359.785.000	1.905

Tabelle 2: Baumbestand und Gesamtnutzung im Ertragswald Niederösterreich (Quelle: BFW 2003)

Erlenrinde (*Alnus glutinosa* L., cortex)

Von den verschiedenen Erlenarten liefert vor allem die Schwarzerle Nutzholz in verwertbaren Dimensionen. Man findet sie häufig in der Nähe von fließenden oder stehenden Gewässern. Die Schwarzerle ist bis in Höhen von 1200 m zu finden. Die Weißerle stellt etwas geringere Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit und tritt in Höhen bis 1400 m auf steinigem Böden auch als Pionierbaumart auf. Der Waldanteil beider Arten beträgt in Österreich knapp 1 %. Erlen wachsen in der Jugend sehr schnell, mit einem Höchstalter von 120 Jahren zählen sie zu den kurzlebigen Baumarten (PROHOLZ AUSTRIA 2011). Die Zusammensetzung von Alni cortex ist bedingt durch den Standort und Sammelzeitpunkt, variabel. Herausragend hoch ist der Gerbstoffgehalt der Rinde. Die Tanningehalte können bis zu 20 % betragen. Wichtige Begleitstoffe sind Anthrachinone, Harzsäuren, Emodin und Alnulin. Weiters sind Flavonoglykoside, hier hauptsächlich das Hyperosid nachgewiesen (LAGONI 2003).

Die Verfügbarkeit an Erlenrinde aus dem Ertragswald in Niederösterreich liegt bei rund 560t/a.

Eschenrinde (*Fraxinus excelsior*, cortex)

Die Gewöhnliche Esche ist über den größeren Teil Europas sowie in Nordasien verbreitet, in Auwäldern und an Ufern, in Gebirgswäldern bis 1400 m, oft auch in Anlagen angepflanzt. Zum Färben eignen sich Blätter und Rinde. Die Blätter enthalten Rutin, Quercitrin, Isoquercitrin und Astragalin. Die Eschenrinde enthält die gleichen Flavonoide wie die Blätter und auch Tannine (SCHWEPPE 1993).

Der Anteil der Esche am Wald in Österreich ist gering (etwa 1 %), am Flurgehölz in manchen Gebieten hingegen relativ hoch. Die Esche ist einerseits ein Baum der Täler und Flussniederungen (Auesche), andererseits kommt sie auf feuchten Böden auch in höheren Lagen bis 1200 m vor (Gebirgs- oder Kalkesche). Die raschwüchsige Esche wird bis zu 250 Jahre alt, im Wirtschaftswald erfolgt die Ernte mit 70 bis 90 Jahren bei Durchmessern von 0,4 bis 0,6 m (PROHOLZ AUSTRIA 2011).

Die Verfügbarkeit an Eschenrinde aus dem Ertragswald in Niederösterreich liegt bei rund 2.640 t/a.

Fichtenrinde (Picea abies L., cortex)

Mit einem Anteil von ca. 60 % am österreichischen Ertragswald ist die Fichte die wichtigste heimische Baumart. Fichtenholz ist Hauptrohstoff zur Zellstofferzeugung und hält einen großen Anteil am Industrieholz sowie am Hackgut für plattenförmige Holzwerkstoffe. Wegen der großen Mengen an Wald- und Industriehackgut ist die Nutzung für Energiezwecke (Hackschnitzelheizungen, Wärmekraftwerke) verbreitet. Anfallende Säge- und Hobelspäne werden auch in Form von Briketts oder Pellets als Energieträger vermarktet (PROHOLZ AUSTRIA 2011).

In Tabelle 2 ist der Baumbestand für Schwarzerle, Esche und Fichte im Ertragswald Niederösterreich und die jährliche Gesamtnutzung dieser Baumarten in Vorratsfestmeter₂ (vfm) dargestellt.

Die Verfügbarkeit an Eschenrinde aus dem Ertragswald in Niederösterreich liegt bei rund 76.200 t/a.

Reststoffe aus der lebensmittelverarbeitenden Industrie

Zwiebelschalen

Küchenzwiebeln (*Allium cepa*) gehören zur Familie der Liliengewächse (Liliaceae). Nach der Anbaumethode unterscheidet man zwischen **Sommerzwiebeln** und **Winterzwiebeln**. Sommerzwiebeln werden im zeitigen Frühjahr gesät und im August geerntet, wobei insbesondere spätere Sorten bis in den März des Folgejahres lagerfähig sind. Die etwas milderen Winterzwiebeln, auch Überwinterungszwiebel genannt, werden im August gesät, reifen im nächsten Frühjahr heran und können ab Juni geerntet werden, sind jedoch nur kurze Zeit lagerfähig. Sie bevorzugen sandigen Lehm in sonniger Lage und gedeihen am besten nach einer gut gedüngten Hackfrucht.

Zum Färben werden ausschließlich die bereits getrockneten Außenschalen verwendet. Zwiebeln enthalten als Hauptfarbstoff Quercetin, mehrere Quercitinglucoside und Kämpferol. Diese beiden Farbstoffe gehören zu der Gruppe der Flavonole - eine Untergruppe der Flavone. Kämpferol tritt immer nur mit anderen Flavonoiden als Hauptkomponente auf (GROTZKY & LÖSCH 2004).

² Der Vorratsfestmeter (vfm) ist die forstliche Maßeinheit für 1 m³ für Holz mit Rinde.

Zwiebeln wurden im Jahr 2009 auf 2.420 ha **Anbauflächen** Niederösterreichs und in Österreich auf rund 2.647 ha angebaut (AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG 2010). In Niederösterreich wurden 2009 zwischen 120.000 und 130.000 Tonnen Zwiebel geerntet (Landwirtschaftskammer Österreich, 2010). Laut Statistik Austria wurden 126.500 Tonnen Sommerzwiebel (in Ö gesamt: 129.085 t), 5.400 Tonnen Winterzwiebel (in Ö gesamt: 5.617 t) und 560 Tonnen Bundzwiebeln (in Ö gesamt: 4.725 t) produziert (STATISTIK AUSTRIA 2011a).

Im Rahmen des Projektes wurden eine Vielzahl an Zwiebelproduzenten und -händlern vor allem aus dem Marchfeld kontaktiert. Dabei wurde festgestellt, dass es in Österreich zahlreiche Bezugsquellen gibt, teilweise direkt bei den Landwirten, aber auch bei den verarbeitenden Betrieben. Bei den Betrieben fallen fast ganzjährig Zwiebelschalen an, die auch für die Farbstoffproduktionen bezogen werden können. In einem der Marchfelder Betriebe fallen beispielsweise pro Jahr rund 30 t (500 kg/Woche) Zwiebelschalen an, die in 1 m³ Holzkisten zwischengelagert werden, bevor man sie auf das Feld ausbringt. Geschnittene Zwiebelschalen können auch von Naturrohstoffhändlern bezogen werden.

Walnussschalen

Die Walnuss ist die Steinfrucht des echten Walnussbaumes (*Juglans regia*), der zur Familie der Walnussgewächse (*Juglandaceae*) gehört. Die 10-25 m hohen Bäume mit breiter, kugeliger Krone tragen auf einem Baum weibliche Blüten in Ähren stehend und männliche Blüten als gelbe, hängende Kätzchen. Daraus entwickeln sich eiförmige bis kugelige Früchte mit einer Anfangs glatten und grünen Schale, die im Verlauf der Reife braun und rissig wird und die Walnuss enthält. Die reifen Walnüsse fallen vom Baum und werden eingesammelt oder werden mit Rüttelmaschinen von den Bäumen geholt. Danach werden sie aus der Fruchthülle gelöst, gebürstet und getrocknet. Geerntet werden Walnüsse zwischen September und Ende Oktober geerntet (ULZ 2001). Zum Färben werden ausschließlich die noch grünen Schalen verwendet, die getrocknet und gemahlen werden. Je brauner die Schalen, desto schwächer die Färbewirkung. Die grünen Walnussschalen enthalten Hydrojuglonglucosid, Hydrojuglon, Juglon und Gerbstoffe, welche nach Hydrolyse Gallussäure Ellagsäure und Glucose liefern. Die Walnussschalen enthalten als Hauptfarbstoff Juglon, der zu der Farbstoffklasse der Naphthochinonfarbstoffe gehört (GROTZKY & LÖSCH 2004). Im Jahr 2010 wurden bundesweit 252 Tonnen Walnüsse aus Erwerbsobstanlagen geerntet, der Großteil stammt aus den Bundesländern Steiermark (116 Tonnen), Niederösterreich (98 Tonnen) und Burgenland (34 Tonnen) (STATISTIK AUSTRIA 2011). Das Massenverhältnis von Walnuss zur Walnussschale beträgt rund 50:50. Somit ist in Österreich ein Potenzial von 126 Tonnen Walnussschalen aus Erwerbsobstanlagen vorhanden. Geschnittene und ganze Walnussschalen können auch von Naturrohstoffhändlern bezogen werden.

Rohstoffverfügbarkeit

Tabellen mit Informationen zur Rohstoffverfügbarkeit/Preise werden von der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH für die Gewährleistung einer optimalen Zulieferungslogistik verwendet.

Aufgrund des relativen hohen Preises von Färbepflanzen sollte deren Einsatz limitiert werden und hauptsächlich zur Erweiterung des Farbspektrums dienen. Nebenprodukte aus der Industrie wie Zwiebelschalen und Rinden sollten bevorzugt verwendet werden.

Abnahmeparameter

Pflanzliche Rohstoffe sind Naturprodukte und unterliegen deshalb hinsichtlich ihrer Qualität gewissen Schwankungen.

Bei der Herstellung von Pflanzenfarbstoffextrakten (von Colors of Nature GmbH verwendete Methode) spielt die Rohstoffbeschaffenheit eine geringere Rolle als bei der Pflanzenfärbung mit Schlauchbeuteln (siehe Kapitel „Technischer Upscale“). Ein Angleichen des Farbeoutputs von Extrakt aus verschiedenen Rohstoffchargen kann durch Mischen der Extrakte erzielt werden.

Die Rohstoffbeschaffenheit hat jedoch auch Einfluss auf den Farbstoffgehalt der Rohstoffe, zu einer Optimierung des Outputs an Extrakt ist eine Optimierung der Rohstoffe deshalb sinnvoll: Der Qualitätsparameter „Farbstoffgehalt“ kann an vielen Stellen des Gewinnungs- und Verarbeitungsprozesses beeinflusst werden. Hier spielen die sorgfältige Auswahl des Saatgutes (Sortenwahl, Pflanzenzüchtungen), die Anbaubedingungen (Standort, Klima, Wetter), die Ernte (optimaler Erntezeitpunkt, Nacherntebedingungen), die Trocknung (Art der Anlagen, Temperatur, Feuchte), die Verarbeitung (Zerkleinern, Schneiden), die Lagerung (Temperatur, Feuchte, Dauer) bis hin zu den Transportbedingungen und einer geeigneten Verpackung (Materialwahl) eine Rolle.

Kriterien zur Rohstoffbewertung

Die Rohstoffspezifikationen und Abnahmeparameter legen Kriterien fest, welche Qualität und sonstige Eigenschaften die Rohstoffe für einen optimalen Output haben sollen. Sie beschreiben außerdem die Basisqualität, die mindestens erforderlich ist, um die geplante Qualität im Endprodukt gewährleisten zu können.

Eine **Rohstoffbewertung berücksichtigt**:

- Farbe, Geruch, Feuchte, Aussehen
- Haltbarkeitskriterien (Schmutz, Pilzbesatz, Feuchte)
- Witterungseinflüsse, Erntebedingungen
- Lagerbedingungen (Schüttlager, Lager mit Belüftung,..)
- Transportbedingungen (Gebinde...)
- Aufbereitung und Verarbeitung (Staubanteil, Korngrößen)

Zur Rohstoffbewertung werden folgende **Methoden** eingesetzt: eine Schnellbewertung des Rohstoffs auf Erfüllung der Abnahmeparameter kann durch sensorische Untersuchung erfolgen (anhand Kriterien der Tabelle 3 und Tabelle 4). Genauere Ergebnisse ergeben sich durch Musterausfärbungen oder schnellanalytischen Methoden.

Durch eine sensorische Untersuchung beziehungsweise Prüfung oder Analyse ist die Feststellung von sensorisch erfassbaren Produktunterschieden bei gleichartigen Produkten möglich. Ein Produkt oder eine Probe wird sensorisch begutachtet und einfach beschrieben. Es wird überprüft, ob die Abnahmeparameter erfüllt werden (Tabelle 11 und Tabelle 12). Ziel der beschreibenden Prüfung ist die neutrale Beschreibung von sensorischen Produkteigenschaften und -eindrücken. Diese Prüfung umfasst eine Beschreibung der äußeren Beschaffenheit (Aussehen, Farbe) zur späteren Identifizierung und eine Beschreibung des Geruchs und der Feuchte.

In den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 3 und Tabelle 4) sind die Anforderungen an die Rohstoffe hinsichtlich Feuchte, Aufbereitung, Verarbeitung, Haltbarkeitskriterien, Korngröße und Verpackung, die sie bei der Abnahme erfüllen müssen, aufgelistet.

Rohstoff	akzeptierter Feuchtigkeitsgehalt bei Anlieferung	nötige Vortrocknung bei Anlieferung
Resede	<u>Variante 1:</u> frisch geschnittene Pflanzen (feucht), nur kurz gelagert (2-3 Tage), keine Schimmelbildung <u>Variante 2:</u> getrocknete Pflanzen, lufttrocken, mit bestimmter Restfeuchtigkeit Lagerfähigkeit ohne mikrobiellen Befall	Vortrocknung bei Zwischenlagerung erforderlich; bei direkter Extraktion keine Zwischentrocknung; für Trocknung unter 15 % braucht man Trocknungsmaschinen, entsprechende Schichtdicke bei Lufttrocknung,
Kanadische Goldrute	<u>Variante 1:</u> frisch geschnittene Pflanzen (feucht), nur kurz gelagert, keine Schimmelbildung <u>Variante 2:</u> getrocknete Pflanzen, lufttrocken, mit bestimmter Restfeuchtigkeit Lagerfähigkeit ohne mikrobiellen Befall	Vortrocknung bei Zwischenlagerung erforderlich; bei direkter Extraktion keine Zwischentrocknung
Färberhundskamille	<u>Variante 1:</u> frisch geschnittene Pflanzen (feucht), nur kurz gelagert, keine Schimmelbildung <u>Variante 2:</u> getrocknete Pflanzen, lufttrocken, mit bestimmter Restfeuchtigkeit Lagerfähigkeit ohne mikrobiellen Befall	Vortrocknung bei Zwischenlagerung erforderlich; bei direkter Extraktion keine Zwischentrocknung
Erlenrinde	nass, vom Entrinden	keine Vortrocknung erforderlich
Eschenrinde	nass, vom Entrinden	keine Vortrocknung erforderlich
Fichtenrinde	nass, vom Entrinden	keine Vortrocknung erforderlich
Zwiebelschale	luftgetrocknet	keine Vortrocknung erforderlich; Kontrolle Feuchtgehalt
Braune Nusschale	nass, feucht vom Reinigen der Nüsse	Vortrocknung erforderlich

Tabelle 3: Abnahmeparameter für die Rohstoffe bei der Anlieferung – Teil 1

Die Farbstoffgewinnung bei den Färbepflanzen (Kanadischen Goldrute, Resede, Färberhundskamille) muss nicht unmittelbar nach der Ernte, sondern kann auch aus dem getrockneten Erntegut erfolgen. Rinde wird bevorzugt feucht verarbeitet, kann aber auch trocken verarbeitet werden.

Rohstoff	Nötige Homogenität für die Abnahme	akzeptierte Größen	Vorzerkleinerung	Verpackung
Resede, Kanadische Goldrute, Färberhunds-kamille	ganze Pflanzen extrahiert (Blüten, Blätter, Stängel), möglichst keine Fremdanteile (Erde, andere Pflanzenanteile)	Schnittgröße: ganze Pflanzen oder 3-5 cm Schnitt	nicht nötig	Säcke aus luftdurchlässigem Material
Erlenrinde, Eschenrinde, Fichtenrinde	möglichst sortenrein, keine Holzteile, Erde und Bodenverunreinigungen; geringe Staubanteile	ca. 1-2 cm, auch gemahlen	Hackschnitzelgröße, Zermahlung	luftdurchlässige Säcke
Zwiebelschale	nur äußerste Schalenanteile, sortiert in gelbe und rote Zwiebelschalen, keine Erdanteile, verschmutzte Schalen, ganze Zwiebeln und Stengel – nur Fraktion II Zwiebeln	ganze Schalen	nicht nötig	Säcke aus luftdurchlässigem Material
Braune Nusschale	möglichst rein, keine anderen Nussanteile, geringe Anteile an harten Schalen	ca. 1-2 cm, auch gemahlen	Hackschnitzelgröße, Zermahlung	luftdurchlässige Säcke

Tabelle 4: Abnahmeparameter für die Rohstoffe bei der Anlieferung – Teil 2

Der Zerkleinerungsgrad von Färbedrogen beeinflusst maßgeblich die erreichbaren Farbtiefen. Grundsätzlich gilt: je kleiner das Pflanzenmaterial, desto größer wird die spezifische Oberfläche, wodurch in der Folge die Farbstoffausbeute erhöht bzw. die Extraktionszeit verkleinert werden kann. Gleichzeitig steigt aber auch der Anteil an sehr feinen Begleitstoffen, die eine Trübung im Extrakt hervorrufen oder sich zu einem Störfaktor (Ablagerungen, Filtrationseffekte, Niederschlagsbildung) bei der Färbung entwickeln können. Größere Stücke dagegen reduzieren zwar das Auftreten von diesen Effekten, verringern aber häufig auch die Farbstoffkonzentration im Extrakt (MUSSAK 2008). Eine Optimierung des Zerkleinerungsgrades muss individuell auf das jeweilige Pflanzenmaterial abgestimmt werden und hängt von den physikalischen Kenngrößen der Rohstoffe ab.

Trocknung

Ein Parameter bei der Vorbehandlung der Rohstoffe ist die Trocknung. Ein Vorteil des Extraktionsverfahrens ist, dass eine Trocknung nicht unbedingt nötig ist – Färbepflanzen und Rinden können z.B. feucht oder trocken eingesetzt werden – aufgrund des Anfalls dieser Produkte zu bestimmten Jahreszeiten ist unter Umständen jedoch eine Trocknung zur Verlängerung der Haltbarkeit bis zur Extraktion nötig. Diese Trocknung kann prinzipiell auch bei den zuliefernden Betrieben (Landwirte/Sägewerke) erfolgen. Im Hinblick auf die Inhaltsstoffqualität (Ausbeute) kommt der Weiterverarbeitung des Erntematerials eine wichtige Bedeutung zu, da es zu Verlusten an Farbstoffgehalt kommen kann. Eine schonende Trocknung, die mit möglichst wenig Energiezufuhr auskommt, ist zu bevorzugen. Im folgenden werden dazu Ergebnisse aus der Literatur aufgeführt.

Am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Giessen wurden Trocknungsversuche mit Krapp (türkische Krappherkünfte aus Wildsammlungen) durchgeführt. Die Wurzeln von acht in Gefäßen kultivierten Einzelpflanzen einer Herkunft wurden grob zerkleinert, in drei gleiche Teile geteilt und bei 40 °C, 60 °C und 105 °C getrocknet. Ergänzend dazu wurden Einzelpflanzenwurzeln von 20 zufällig ausgewählten Nachkommen verschiedener Herkunft ohne vorherige Zerkleinerung geteilt und bei 40°C und 105 °C getrocknet. Alle Proben wurden nach der Trocknung auf 1 mm vermahlen und extrahiert. Von den Extrakten wurden nach der photometrischen Methode Absorptionsspektren aufgenommen, die Farbstoffgehalte bestimmt und Probefärbungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Trocknungsversuche zeigen, dass eine Trocknung bei hohen Temperaturen die Farbstoffzusammensetzung verändert. Möglicherweise werden die hitzeempfindlichen glykosidspaltenden Enzyme inaktiviert, so dass die stärker färbenden Aglucone bei der Fermentation nicht vollständig freigesetzt werden. Zu Zeiten als der Krapp in Europa noch große Anbaubedeutung hatte, wurden die Wurzeln auf sogenannten Krappdarrn bei Temperaturen von 40 °C bis 50 °C 15 bis 20 Stunden getrocknet. Bei den Probefärbungen im Versuch zeigten sich bei den 105 °C Varianten deutlich schwächere Farben, somit sollte nach der Ernte eine möglichst schonende Trocknung der Wurzeln angestrebt werden (SIEBENBORN et al. 2001).

Vom Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg in Güterfelde wurde der Temperatureinfluss auf die Farbstoffinhalte von Färberresede und Krapp beim Trocknen untersucht. Es wurden sowohl für Färberresede als auch für Krapp die Umwandlung der Farbstoff-Glykoside in die entsprechenden Hydroxide festgestellt, die unter dem Einfluss von Temperatur, Zeit und Feuchtigkeit abläuft. In noch feuchtem Gut beginnt die Umwandlung bei etwa 60 °C. Diese Umwandlung bedeutet keine Qualitätseinbuße, weil die an das Färbegut anzulagernden Farbstoffe auf den durch hydrolytische Spaltung zuckerfreien Farbstoffkomponenten gebildet werden. Für *Färberresede* wurde nachgewiesen, dass die Summe der Farbstoffkomponenten bis über 90 °C erhalten bleibt, für Krapp ist durch die photometrische Erfassung aller Anthrachinonfarbstoffe ein analoges Verhalten festgestellt worden. Es werden für den Trocknungsprozess folgende Empfehlungen gegeben. Für ***Färberresede 60 bis 100 °C***, für Krapp 60 bis 80 °C (ADAM 2001).

Sowohl die Art der Pflanzen als auch die Möglichkeiten ihrer Trocknung zeigen große Ähnlichkeiten mit der Konservierung durch Trocknen anderer Futterpflanzen oder von Heil- und Gewürzkräutern. In der Studie „Temperatureinfluss auf die Farbinhaltsstoffe beim Trocknen von ***Färberresede und Krapp***“ (MALTRY & ADAM 2001) wurde bei den praxisnahen Trocknungsversuchen eine Dreibandrocknungsanlage verwendet, die im allgemeinen dafür ausgelegt ist 20 kg/h Feuchtgut bei 240 min Aufenthaltszeit und 40-45 °C Trocknungstemperatur von 84 % Feuchtigkeit auf 6 % Feuchte zu trocknen. Die Trockenparameter wie Bandgeschwindigkeit, Ventilatorzahl, Trocknungslufttemperatur und Schütthöhe sind einstellbar. Dem Trockner ist ein Häcksler vorgeschaltet, der das zu trocknende Gut bis zu etwa 2-4 cm Schnittlänge zerkleinern kann, und ein Rebler nachgeschaltet durch den das Trockengut in eine grobe und feine Fraktion getrennt wird. Mit den Untersuchungen zur Trocknung von Resede und Krapp auf dieser Kleintrocknungsanlage wurde die prinzipielle

Möglichkeit der Aufbereitung mittels moderner Trocknungsverfahren nachgewiesen. Mit den heute verfügbaren Maschinen für Ernte, Waschen, Zerkleinern, Trocknen und Trennen in Grob- und Feianteile ist es möglich handelfähiges Schüttgut bei vollem Erhalt der Farbstoffinhalte zu erzeugen, um es in speziellen Betrieb zur Farbstoffaufbereitung weiterverarbeiten zu können. Somit kann der Trocknungsprozess für beide Gutarten **bis etwa 90°C** Guttemperatur durchgeführt werden, ohne dass Qualitätseinbußen zu befürchten wären. Das gestattet einen wirtschaftlich zu gestaltenden Trocknungsprozess, z.B. auf einem Bandtrockner (MALTRY & ADAM 2001). Die Nacherntebehandlung ist ein entscheidender Faktor für die Erzeugung von hochwertigem Trockengut. Bewährt hat sich, das Ganzpflanzengut stationär zu häckseln und unmittelbar danach mit Trocknungseinrichtungen bis zur Lagerfähigkeit zu trocknen (ADAM 2001).

Ein weiteres Trocknungsverfahren ist die **Bodentrocknung** in dünner Schicht: Die Schütthöhe sollte dabei insbesondere bei der Flächentrocknung gering sein, um eine rasche und gleichmäßige Trocknung zu erwirken und um dadurch Schimmelbildung zu vermeiden. Die Bodentrocknung hat den Vorteil keine zusätzliche Energie zu benötigen – außerdem werden nur niedrige Temperaturen erreicht – die Inhaltsstoffe der Pflanzen werden also geschont. Sie ist die bevorzugte Trocknungsvariante.

Eine Pflanze ist dann ausreichend und **richtig getrocknet**, wenn Blätter und Blüten beim Berühren keine Feuchtigkeit mehr abgeben, wenn sie fest und hart, doch nicht zerbrechlich oder leicht zu zerkrümeln sind. Bei zu schwacher Belüftung ist wegen der meist erheblich länger dauernden Trocknungszeit die Gefahr der Schimmelbildung größer. Um dies zu vermeiden besteht die Möglichkeit einer technischen Belüftung (Ventilator). Die Belüftungsregeln können von jenen für Heu übernommen werden (OEAG Grünland 2011):

- Die Trocknungsanlage wird gleichmäßig und locker mit dem zu trocknenden Gut befüllt (Belüftungsanlage eingeschaltet),
- die Schichthöhe soll dabei ca. 1,5 m bei Kaltbelüftung und ca. 2,5 m bei Warmbelüftung nicht überschreiten.
- Die Trocknungszeit soll höchstens 4 Tagen oder 60 bis 75 Stunden dauern
- Der Volumenstrom des Ventilators soll auf die belüftete Fläche abgestimmt werden.
- Druck des Ventilators - Faustregel: 100 bis 240 Pa je Meter Heustockhöhe
- Für ausreichend große Abluftöffnungen sorgen
- Zur Vermeidung von Schimmelbildung bis 87 % Trockenmasse trocknen
- Eine lange Vortrocknungszeit am Boden verringert die Trocknungskosten beträchtlich, erhöht aber das Wetterrisiko: nicht über 70 % Trockenmassegehalt vortrocknen

Einflüsse des Wachstumsstadiums

Das Wachstumsstadium von Färbepflanzen, in dem sie geerntet werden, hat Einfluss auf ihren Farbstoffgehalt und die Farbqualität der daraus gewonnenen Pflanzenfarben.

- In Blättern ist der meiste Farbstoffgehalt während der Blüte der Färberpflanze.
- In Stämmen (Holz) entwickelt sich der Farbstoff oft erst im höheren Alter (z.B. Rotholz, Akazie, Erle).
- Die Blüten enthalten den meisten Farbstoff teils unmittelbar vor dem Aufblühen, teils bald nachher. In einigen Fällen entwickelt sich der Farbstoff erst beim Verwelken.
- Rinden enthalten den meisten Farb- und Gerbstoff, wenn sie in vollem Saft stehen, d.h. wenn sich die Knospen öffnen. Glatte Rinde enthält mehr Farb- und Gerbstoffe als rauhe Rinde.
- Die äußere Rinde (Borke) enthält weniger Farbstoff als die mittlere und diese weniger als die innere (Bast).
- Die Rinde junger Bäume enthält mehr Gerb- und Farbstoff als jene von alten Bäumen. Die dünnen Zweige enthalten mehr Farbstoff als die Rinde des Stammes.
- Die Wurzeln enthalten den meisten Farbstoff, wenn sie ausgewachsen sind.
- Die meisten Pflanzenteile geben im getrockneten Zustand mehr Farbstoff an das Wasser ab als in frischem Zustand. Viele insbesondere gelben Farbstoff enthaltende Färberpflanzen färben im getrockneten Zustand nicht so lebhaft. Die Farbe geht von Gelb ins Bräunliche.
- Bei einigen Färberpflanzen entwickelt oder verbessert sich der Farbstoff erst durch Gärung (Waid, Krapp, Rotholz, Flechten, usw.). (PRINZ 2009).

Die NIG Magdeburg GmbH führte anbautechnische Untersuchungen sowie die Bestimmung notwendiger Parameter bei der Ernte und Nacherntebehandlung der Färberresede durch. Für die **Färberresede** wird als optimaler **Erntetermin** der Beginn bis Ende der Vollblüte angegeben. Bekannt ist, dass die Verteilung der Farbstoffe in den einzelnen Pflanzenteilen sehr unterschiedlich ist und in den Blättern und blütentragenden Samenträgern am höchsten liegt. Bedeutungsvoll dabei ist, dass der berechnete Luteolingehalt mit 2,9 % bzw. Gesamtfarbstoffgehalt von 3,7 % in den Samenträgern fast doppelt so hoch liegt wie in den Blättern. Die Ergebnisse unterstreichen den Stellenwert eines Bestandestyps mit hohem Blatt- und Samenträgeranteil für eine gute Farbstoffausbeute. Das Ziel bei der Ernte muss also der obere Blatthorizont mit einem gut ausgebildeten Samenträgerbestand sein. Das Verhältnis von Samenkapseln zu Blüten sollte dabei etwa 1:3 betragen. Wichtig ist eine anschließende sofortige Trocknung des Erntegutes (WÄHLING et al. 2008).

In Gröditsch, Land Brandenburg erfolgte durch die Spreewald-Pharma GmbH die Herstellung von Färberresedeextrakten. Die verwendete landwirtschaftliche Rohdroge wurde nach Bandtrocknung durch Windsichtung in drei Fraktionen getrennt (Stängel, Blätter und Blüten) und diese dann den Extraktionsbedingungen ausgesetzt. Die Ergebnisse der drei Chargen

finden sich in Tabelle 5. Es ist zu erkennen, dass sich aus der Blätter- und Blütenfraktion mit weitem Abstand das ***günstigste Drogenextraktverhältnis*** herstellen lässt. Es ist unter Umständen also sinnvoll, die Droge vor dem Extrahieren zu fraktionieren.

Pflanzenteile	Stengel	Blätter/Blüten	Blätter/Blüten/Samen
Drogenmenge	200kg	210kg	200kg
Extraktionsmenge (Trockenmasse)	11,2kg	44,7kg	10,3kg
Trockenmassegehalt	45,9%	39,2%	34,4%
Drogen/Extraktverhältnis	17,9:1	4,7:1	19,5:1

Tabelle 5: Chargencharakteristik von Färberresedeextrakten (Quelle: ADAM 2001)

Lagerparameter

Im Hinblick auf die **Farbstoffausbeute** soll der Verlust der extrahierbaren färbenden Bestandteile durch optimale Lagerbedingungen minimiert werden.

Die **Relevanz** der Lagerparameter unterscheidet sich für die **unterschiedlichen Rohstofftypen**. Da bei der Pflanzenfarbstoffherstellung durch Extraktion z.B. Zwiebelschalen nur begrenzte Zeit vor dem Auskochen gelagert werden müssen (abhängig von Anfallzeitpunkt und Anfallmengen) sind langfristige Lagerparameter nur von untergeordneter Rolle für diese Rohstoffe (bei Zwiebelschalen muss jedoch auf eine gute Trocknung geachtet werden). Färbepflanzen fallen hingegen zum Erntezeitpunkt in großen Mengen an und müssen länger gelagert werden bevor sie verarbeitet werden können – für sie ist eine optimierte Lagerung also bedeutend. Generell ist die Lagerung bei der Herstellung von Pflanzenfarbstoffextrakt von geringerer Bedeutung als bei der direkten Abfüllung von standardisiertem Rohstoff in Schlauchbeuteln, die erst beim Färbevorgang selber extrahiert werden.

Generell ist die Lagerung bei der Herstellung von **Pflanzenfarbstoffextrakt** von geringerer Bedeutung als bei der ursprünglich geplanten direkten Abfüllung von standardisiertem Rohstoff in Schlauchbeutel, die erst beim Färbevorgang selber extrahiert werden. Im Fall von Schlauchbeuteln müsste der Rohstoff auch als fertiges Produkt noch länger gelagert werden, in der eine Abnahme des Rohstoffgehalts möglich ist.

Auch die Größe der nötigen Lagerräume und nötige Lagerungslogistik sind wesentlich geringer bei Anwendung des Extraktionsverfahrens - das implementierte Extraktionsverfahren hat also bzgl. Lagerung der Rohstoffe große Vorteile.

- Eine Trocknung und Lagerung der Färbepflanzen ist bei den Landwirten möglich. Dies hat den Vorteil, dass keine großen Lagerhallen für die Pflanzen vom Pflanzenfarbstoffproduzenten angeschafft werden müssen, die nur einen begrenzten Teil des Jahres zum Einsatz kommen würden. Eine Beachtung der maximalen Lagerdauer ist trotzdem nötig – generell sollen die Färbepflanzen so schnell wie möglich extrahiert werden: Nach der Extraktion liegt der Farbstoff in einer stabilen Form vor – er nimmt also nicht mehr mit der Zeit ab.
- Zwiebelschalen können das ganze Jahr über bezogen werden – eine Lagerung ist also nur begrenzt nötig – es müssen lediglich Räumlichkeiten für eine Bodentrocknung einer begrenzten Menge geschaffen werden. Lagerversuche mit Zwiebelschalen wurden durchgeführt.
- Rinden sollen möglichst frisch verarbeitet werden, da feucht eine höhere Ausbeute erzielt werden kann. Da Rinden aber nicht kontinuierlich anfallen ist eine Lagerung begrenzter Zeit nötig. Lagerversuche mit Rinden wurden durchgeführt.

Wesentliche **Einflussfaktoren** auf die Farbstoffausbeute sind die Lagerdauer, Lichteinfluss, Temperatur und Wassergehalt. Die Lagerung erfolgt bei Raumtemperatur in geschlossenen Räumen um Licht- und Wärmeeinfluss auf den Farbstoffgehalt so gering wie möglich zu halten. Hinsichtlich Lagerdauer wurde bei **Rinden** als Rohstoffen festgestellt, dass längere Lagerdauer zu Porenschluss führt und sich dadurch die extrahierbare Farbstoffmenge verringert – Rinden sollen also möglichst feucht verarbeitet werden, zumindest sollen sie vor der Verarbeitung vorgewässert werden.

Die wichtigsten Parameter der Lagerung sind:

- Maßnahmen zur Stabilisierung und Haltbarmachung
- Dauer der Lagerung
- Lufttemperatur in der Lagerhalle
- Luftfeuchtigkeit in der Lagerhalle
- Helligkeit in der Lagerhalle
- Art der Lagerung und Behältnisbeschaffenheit (offen, geschlossen, Material,...)
- Produktbeschaffenheit (zerkleinert, geschnitten, im Ganzen,...)
- Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung
- Chargenmenge

Nötige Rohstoff-Lagerbedingungen

Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen die Lagerfähigkeit, Lagerbedingungen und Qualitätsmängel der einzelnen Rohstoffe.

Rohstoff	Lagerfähigkeit	Lagerbedingungen	Qualitätsmängel
Resede, Kanadische Goldrute, Färberhunds- kamille	in getrocknetem Zustand 1 Jahr lagerfähig, Farbeinstellung vor Gebrauch erforderlich	trockene Lagerung, ohne direktes Sonnenlicht	Schimmel, Verunreinigungen
Erlenrinde, Eschenrinde, Fichtenrinde	möglichst im feuchten Zustand verarbeiten, bei Lagerung und Antrocknung 2-3 Wochen, in getrocknetem Zustand und beim Trocknen sinkt die extrahierbare Farbstoffmenge	kühl und nicht zu lange da sie feucht gelagert wird (Schimmelbildung)	Schimmelbildung, mangelnde Sortenreinheit, hohe Holzanteile
Zwiebelschale	in getrocknetem Zustand 1 Jahr lagerfähig, Farbeinstellung vor Gebrauch erforderlich	trockene Lagerung, ohne direktes Sonnenlicht	Schimmel, Verunreinigungen
Braune Nusschale	Lagerung und Antrocknung 2-3 Wochen, in getrocknetem Zustand 1 Jahr lagerfähig	kühl und nicht zu lange (Schimmelbildung)	Schimmelbildung, mangelnde Sortenreinheit, hohe Holzanteile

Tabelle 6: Lagerfähigkeit und Lagerbedingungen einzelner Rohstoffe – Teil 1

Rohstoff	Stabilität der Rohstoffe	nötige Vorbereitung für die Lagerung	Lagermöglichkeiten	möglicher Feuchtigkeitsgehalt der Rohstoffe	mögliche Schichtdicke bei Lagerung
Resede, Kanadische Goldrute, Färberhunds-kamille	in frischem Zustand 2-3 Tage je nach Lagertemperatur in getrocknetem Zustand ein Jahr	Trocknung erforderlich, Zerkleinerung optional	Zwischenlagerung wie Kräuter, Heu usw.	ca. 15 %, unter der kritischen Konzentration für Schimmelbildung	analog Heu, Kräuter
Erlenrinde, Eschenrinde, Fichtenrinde,	nass ca. 1-2 Tage, getrocknet 3- 6 Monate	Trocknung und Zerkleinerung	nass ca. 1-2 Tage, getrocknet 3- 6 Monate	nass ca. 100 %, getrocknet ca. 15 %	ca. 50 cm
Zwiebelschale	in getrocknetem Zustand ein Jahr	Kontrolle Feuchtgehalt, eventuell Nachrocknung	Zwischenlagerung wie Kräuter, Heu usw.	ca. 15 %, unter der kritischen Konzentration für Schimmelbildung	analog Heu, Kräuter
Braune Nusschale	nass ca. 1-2 Wochen, getrocknet, zerkleinert ca. 1 Jahr	Trocknung und Zerkleinerung	Lagerung nass (1-2 Wochen), getrocknet 1 Jahr	ca. 15 %	ca. 50 cm

Tabelle 7: Lagerfähigkeit und Lagerbedingungen einzelner Rohstoffe – Teil 2

Prinzipiell müssen Lagerhallen sauber und gründlich belüftet sein. Voraussetzung für eine entsprechende Qualität des Rohstoffs ist ein wirksames Trocknen auf einen **Trockensubstanzgehalt** von mindestens 85 % innerhalb von 40 bis 70 Stunden. Erst ab diesem Trockensubstanzgehalt ist Vermehrungsgefahr von Bakterien und Schimmelpilzen gebannt.

Das Pflanzenrohstoffmaterial bedarf einer sorgfältigen Behandlung während der Lagerung. Es gilt mögliche Beschädigungen und Befall durch **Ungeziefer** rechtzeitig zu erkennen. Während der Lagerzeit ist eine ständige Kontrolle erforderlich, um den Zustand der Rohstoffe auf einem optimalen Stand zu halten.

Um das Pflanzenrohstoffmaterial ohne **Verderb** lagern zu können ist ein TM-Gehalt von mindestens 85 % notwendig. Je höher die Restfeuchtigkeit desto größer die Gefahr einer Erwärmung und eines mikrobiellen Verderbs. Gerade die Restfeuchte ist die Hauptursache für den mikrobiologischen Zersetzungsprozess. Die Wassermenge wirkt auch selektiv auf die Art der Entwicklung der verschiedenen Mikroorganismen wie Lagerpilze, Hefen und aerobe Bakterien. Daneben spielt auch die Lagerungsdichte eine wichtige Rolle.

Die **Lagerräume** sind so zu gestalten, dass keine Lagerschädlinge (Insekten, Nager- und Vögel) oder Witterungseinflüsse das Lagergut beeinträchtigen können. Das Lagergut ist regelmäßig zu kontrollieren und der Lagerraum sauber zu halten. Dem Lagerschutz dienen

genaue Lagerhaltungskontrollen (inklusive Schädlingsüberwachungsmaßnahmen wie Pheromonfallen etc.). Reichen diese Maßnahmen nicht aus, dürfen die Lagerräumlichkeiten nur mit im biologischen Landbau zugelassenen Mitteln gegen tierische Lagerschädlinge behandelt werden (EU-BIO-VERORDNUNG 2007): Die Lagerbehandlung des Erntegutes mit chemischen Lagerschutzmitteln (Insektizide, Fungizide) ist grundsätzlich verboten. Der Lagerraum muss lichtgeschützt, trocken und möglichst kühl sein. Große Temperaturschwankungen sollen vermieden werden. Die Drogen müssen regelmäßig kontrolliert und der Lagerraum sauber gehalten werden. Lagerräume sind von den Aufbereitungsräumen zu trennen.

Sensorische Beurteilung von gelagertem Pflanzenrohstoffmaterial:

- Farbe
- Verschmutzungsgrad
- Schimmel
- Geruch
- Griffprobe

Lagerungsversuche

Es wurden einige rohstoffspezifische Lagerungsversuche durchgeführt und das Ergebnis in Bezug auf die Farbstoffausbeute analysiert. Da wie weiter oben beschrieben die Lagerung bei der Herstellung von Pflanzenfarbstoffextrakt von geringerer Bedeutung als bei der direkten Abfüllung von standardisiertem Rohstoff in Schlauchbeutel ist, wurde den Lagerversuchen untergeordnete Bedeutung beigemessen.

Es wurden Versuche mit feuchten und trockenen **Eschenrinden** durchgeführt. Die feuchten Rinden zeigten eine etwas höhere Ausbeute. Rinden sollen möglichst frisch, alternativ vorgewässert verwendet werden.

Ein ausführlicherer Lagerversuch wurde für **Zwiebelschalen** durchgeführt – hauptsächlich aus dem Grund da im Marchfeld größtenteils Zwiebelschalen, die nicht aus der Vakuumabsaugung kommen (die sauberste und trockenste Zwiebelschalenfraktion) verfügbar waren. Im April 2011 wurden insgesamt rund 5 kg Zwiebelschalen zweier unterschiedlicher Fraktionen aus den beiden Rüttlern von der einem Marchfelder Anbieter in Raschelsäcken bezogen (keine Vakuumabsaugung). Die Fraktion aus dem ersten Rüttlerprozess war trockener, aber mit mehr Erde durchmischt und es fanden sich sowohl größere Zwiebelschalenteile als auch kleine Zwiebeln.

Die Fraktion aus dem zweiten Rüttler war insgesamt feuchter und kleinteiliger. Die Zwiebelschalen waren geringer mit Erde verschmutzt. Es fanden sich mehr Stängel (geringer Farbstoffgehalt) als in der ersten Fraktion und ebenso kleine Zwiebeln.

Die beiden Zwiebelschalenfraktionen wurden 5 Tage lang in einem trockenem, geheiztem Raum in den Säcken verpackt, direkt bei der Heizquelle gelagert und getrocknet. Danach wurden die Fraktion 1 und der gut angetrocknete Anteil (rund zwei Drittel) der Fraktion 2 in

einer 10 cm Schichtdicke auf den Boden ausgebracht. Das restliche Drittel der zweiten Fraktion war noch leicht feucht und wurde daher dünner auf rund 1 m² Fläche ausgetragen (Schichtdicke: 5 cm). Nach zwei weiteren Tagen waren die Zwiebelschalen durchgetrocknet.

Fazit: Für die Extraktion kommt nur die erste Zwiebelschalen-Fraktion in Frage: Sie ist zwar schmutziger, dieser Schmutzanteil kann aber im Absatzbehälter der Produktions-Anlage absinken. Kleine Zwiebel müssten dabei allerdings unbedingt über ein Rüttelsieb aussortiert werden, und zwar noch vor einer eventuellen Lagerung. Die 2. Fraktion enthielt viele Stängel, die eine Standardisierung des Produktes schwierig machen und die Ausbeute senken. Außerdem war wegen dem hohen Feuchtegehalt eine sehr niedrige Schichtdicke in der Trocknung nötig – wird diese nicht eingehalten kann innerhalb weniger Tage Schimmel entstehen. Generell ist aber die Fraktion aus Vakuumabsaugung zu bevorzugen – alternativ können die kurz vor der Verpackung der Zwiebeln abgerüttelten Schalen gesondert aufgefangen werden. Diese Fraktion dürfte ähnlich wie jene aus Vakuumabsaugung beschaffen sein. Dies müsste mit den Zwiebellandwirten ausgehandelt werden, zur Zeit wird diese Fraktion gemeinsam mit den anderen gesammelt.

Technischer Upscale

Wahl des Färbeverfahrens

Für die Produktion von Pflanzenfarbstoffen stehen folgende Grundverfahren zur Auswahl:

- Schlauchbeutel­färbung
Einsatz von naturbelassenen zerkleinerten stabilisierten Pflanzen im Schlauchbeutel (ähnlich wie Teebeutel) ohne vorherige Extraktion und Aufkonzentration. Dies spart die für die Herstellung des Konzentrats notwendige Energie, da die Extraktion der färbenden Bestandteile des Rohstoffes direkt in der Färberei stattfindet.
- Herstellung eines flüssigen Färbe-Konzentrats
Die Pflanzenfarbstoffe werden aus den Färbepflanzen in Wasser extrahiert, das aufkonzentrierte Extrakt wird vom färbenden Betrieb weiterverwendet.
- Herstellung eines festen/pulverförmigen Färbeextrakts
Die Pflanzenfarbstoffe werden aus den Färbepflanzen in Wasser extrahiert, ausgefällt und pulverisiert. Der färbende Betrieb arbeitet mit dem Pulver weiter.

Die Akzeptanz eines Färbeverfahrens bei Färbern ist neben der Ökoeffizienz ausschlaggebend bei der Wahl des Verfahrens für die Produktion des Pflanzenfarbstoffes. Nach eingehender Prüfung der Bedürfnisse der färbenden Betriebe hat sich die Schlauchbeutel­färbung für einen breiten Einsatz in der industriellen Färbung als nicht praktikabel erwiesen:

- Bei der Schlauchbeutel­färbung muss mit großen Mengen an Färbepflanzen hantiert werden (Massenverhältnis Pflanzenfarbstoff:Textil ca. 1:1). Dies ist mit den automatisierten Vorgängen in den Färbeanlagen schwer kompatibel und stellt zusammen mit dem Abtransport und der Verwertung der Reststoffe einen zusätzlichen Arbeitsaufwand dar, den die Firmen langfristig nicht bereit sind auf sich zu nehmen
- Die Verwendung von flüssigen Extrakten wäre eine denkbare Alternative;
- Die Verwendung von pulverförmigen Extrakten wird von den färbenden Betrieben aber stark bevorzugt da sie der Verarbeitungsform der synthetischen Farbstoffe entspricht und in die gängigen Maschinen- und Produktionsprozesse problemlos integriert werden kann. Weitere Vorteile von pulverförmigen Extrakten gegenüber flüssigen Extrakten sind der geringere Transportaufwand vom Pflanzenfarbstoffproduzenten zum färbenden Betrieb, die stark vereinfachte Lagerung inkl. wesentlich geringerem Lagervolumen und die gute Haltbarkeit der pulverförmigen Extrakte.

Aus diesem Grund wurde entschieden sich auf die **Herstellung pulverförmiger Extrakte** inkl. technischer und qualitativer Standardisierung und Upscale zu fokussieren. Das dazugehörige Verfahren für Produktion des Farbstoffs und Färbeverfahren wurde von der Universität Innsbruck – Institut für Textilchemie und Textilphysik (ITT) zum Patent angemeldet - damit ist im Rahmen des Projektes eine nachhaltige Innovation gelungen.

Um ausreichende Menge an Pflanzenfarbstoff produzieren zu können ist der **Upscale** des Verfahrens vom Labormaßstab auf einen halbtechnischen Maßstab nötig. Der halbtechnische Maßstab bietet gegenüber dem industriellen Maßstab den Vorteil einer höheren Flexibilität – Anlagenteile können leichter ausgetauscht werden, generell sind mehr händische Eingriffe möglich. Dem gegenüber steht ein höherer Arbeitsaufwand. Ein Übergehen zu einer vollautomatischen Anlage wäre aber nur bei sehr hohen Produktionsmengen sinnvoll. Aus diesem Grund wird in einem ersten Schritt die Errichtung einer Produktionsanlage für Pflanzenfarbstoffe im halbtechnischen Maßstab angestrebt.

Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Wien – Institut für Verfahrenstechnik (DI Dr. Bettina Mihalyi, Daniel Gómez Verbel) wurden wesentliche Arbeiten zu folgenden Aspekten des Upscale geleistet:

- Optimierung der Parameter des Verfahrens für maximalen Produkt-Output im Upscale
- Modellierung von Anlagengröße, Massen- und Energiebilanz sowie Zeitbedarf auf Basis variabler Outputszenarien
- Zusammenstellung des Maschinenparks

Die Ergebnisse der Forschung zum technischen Upscale werden von der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH zur Umsetzung des Upscale verwendet.

Auf den folgenden Seiten werden die folgenden Punkte behandelt:

- Beschreibung des patentierten Verfahrens des ITT im labortechnischen Maßstab
- Beschreibung des Maschinenparks
- Färbeanleitung:
Handhabung im Unternehmen des Kunden inkl. Färbeanleitung

Beschreibung des Extraktionsverfahrens im Labormaßstab

Das Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck hat das Herstellungsverfahren für pulverförmige Extrakte von Pflanzenfarbstoffen zum Patent angemeldet.

Im Patent (AT 508000) werden folgende Besonderheiten des Verfahrens hervorgehoben:

- ***Probleme beim Herstellen von Pflanzenfarbstoffen für Textilien***

„Eine entscheidende Schwierigkeit bei der Verwendung der Naturfarbstoffe liegt in der Problematik entweder verdünnte wässrige Lösungen anwenden zu müssen oder zur Aufkonzentrierung einen hohen Ressourceneinsatz aufzuwenden. Beide Lösungen limitieren oder verhindern die umfangreichere Verwendung der Naturfarbstoffe als nachhaltige Farbstoffsysteme.“

Auch die Verwendung von unlöslichen Farblacken bietet keine Lösung der Thematik, da die unlöslichen Pigmente färbetechnisch ungeeignet sind und daher nur zur Anwendung als Malerpigmente etc. einsetzbar sind.

- ***Lösung der Probleme durch das patentierte Verfahren***

Die direkte Extraktion vor Ort ist für die färbenden Unternehmen logistisch nahezu unmöglich, da die Handhabung großer Mengen an Pflanzenmaterial erforderlich ist.

„Die vorliegende Erfindung überwindet also die Problematik der geringen Konzentration des Farbstoffs im Extrakt durch Bereitstellung eines Verfahrens zur ressourcenschonenden Herstellung eines Farbstoffkonzentrats durch Ausfällung und Anreicherung, wobei die Ausfällungen so durchgeführt werden, dass der Farbstoff im erfindungsgemäßen Färbeverfahren wieder löslich ist und damit auf das zu färbende Gut aufziehen kann.“

- ***Geeignete Ausgangsstoffe***

Geeignete Pflanzenfarbstoffe stammen beispielsweise aus der Gruppe der Flavonoid-Farbstoffe, jedoch können auch andere Farbstoffe z.B. anthrachinoide Farbstoffe, indigoide Farbstoffe und Farbstoffe aus der Gruppe der Polyphenole nach dem Verfahren gewonnen und angewandt werden.

Grundvorgang des Verfahrens

Das Verfahren im Labormaßstab folgt folgendem **Grundvorgang**:

1. *Extraktion des Farbstoffes*

- Zur umweltschonenden Extraktion wird der Farbstoff aus den Färbepflanzen und Reststoffen in heißes Wasser ohne Chemikaliengabe gelöst. Die Verwendung von organischen Lösungsmitteln anstatt Wasser würde die Ausbeute zwar erhöhen, entspricht aber nicht dem ökologischen Grundgedanken des Pflanzenfarbstoffproduzenten.
- Aus Patentschrift: Bei der Verwendung von Naturfarbstoffen aus pflanzlichen Rohstoffen besteht eine zentrale Problematik in der Tatsache, dass der Gehalt an färbender Substanz in der Pflanze relativ gering ist (üblicherweise 5 % Massenanteil). Daher sind die bei der wässrigen Extraktion erreichbaren Konzentrationen an Naturfarbstoff begrenzt. Extrahiert man die Farbstoffe mit einem Lösungsmittel oder mit Zusatz von Chemikalien, so wird die Ressourcenbilanz der Farbstoffgewinnung dramatisch verschlechtert und eine ökologisch nicht mehr argumentierbare Menge an Chemikalien wird mit dem extrahierten Material aus dem Prozess ausgetragen. Es kommt daher für eine nachhaltige Extraktion der Naturfarbstoffe lediglich Wasser als Extraktionsmittel in Frage.“

2. *Abtrennen der Rohstoffe*

Nach der Extraktion werden die ausgelaugten Rohstoffe vom Extrakt getrennt (Absieben/Abfiltrieren)

3. *Ausfällen des Farbstoffes*

- Durch Zugabe eines Fällungsmittels fällt der Farbstoff aus indem er einen Komplex mit dem Fällungsmittel bildet, das Fällungsmittel ist also Teil des Niederschlags. Als Fällungsmittel wird vorzugsweise Eisen- oder Aluminiumsalz verwendet, welche den strengen Richtlinien des Ökolabels G.O.T.S. entsprechen. Die Fällungsmittel entsprechen gleichzeitig der Beize, mit der der Stoff vor der Färbung ohnehin behandelt werden muss. Für das Fällen muss der pH eingestellt werden, labortechnisch wird dies mit Natronlauge gemacht, im technischen Maßstab wird Soda (Na_2CO_3) verwendet.
- Aus Patentschrift: „Die Fällung soll dabei aber so ablaufen, dass zumindest ein Teil des Fällungsmittels einen Teil des Niederschlags bildet, d.h. im Niederschlag inkorporiert vorliegt. Dies kann erfindungsgemäß auf zwei Arten erfolgen. Zum Einen kann das Fällungsmittel mit dem Farbstoff chemisch reagieren und den Niederschlag bilden. Beispielsweise kann das Fällungsmittel Metallionen aufweisen, die mit dem Farbstoff einen Komplex oder ein Salz bilden. Das Fällungsmittel wird in diesem Fall so ausgewählt, dass der Komplex oder das Salz ein niedrigeres Löslichkeitsprodukt

aufweisen, als der Farbstoff mit den anderen Stoffen in der Lösung. Ein Teil des Fällungsmittels (also z.B. die Metallionen) ist also im Niederschlag chemisch gebunden. Zum Anderen kann das Fällungsmittel selbst einen Niederschlag bilden und den Farbstoff ohne chemische Bindung aufnehmen. In diesem Fall wird der Farbstoff am Niederschlag adsorbiert.“ „Bei der Auswahl des Fällungsmittels sollte darauf geachtet werden, dass der Niederschlag im folgenden Schritt wieder aufgelöst werden kann ohne dabei den Färbevorgang zu nachteilig zu beeinflussen.“

„In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt lediglich die Zugabe des Metallsalzes in gelöster Form. Beispiele für Fällungsmittel sind FeSO_4 , $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ oder $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$. Die bei der Fällung eingesetzten Mengen an Fällungsmittel hängen von der Extraktstärke ab, üblicherweise sind Konzentrationen unter 100 g/l Fällungsmittel. Vorzugsweise sind Metallsalze zu verwenden.“

- Aus Patentschrift: Das Farbstoffkonzentrat bzw. Pigmentkonzentrat wird als Farbstoffzubereitung durch Ausfällung des Farbstoffs aus dem wässrigen Extrakt des Pflanzenmaterials durch Verwendung von Fällungsmitteln, bevorzugt Metallsalz-Ionen, besonders bevorzugt Salze der Kationen Eisen, Calcium, Aluminium, Magnesium, Titan ausgefällt. Bei der Herstellung der Extrakte und ebenso bei der Ausfällung der Farbstoffniederschläge können Hilfsstoffe wie Natronlauge, Soda, Ammoniak, anorganische und organische Säuren zur pH-Einstellung, sowie weitere Chemikalien, die die Niederschlagsbildung fördern wie z.B. Phosphate, Silikate oder Polyelektrolyte, zugesetzt werden. Diese Hilfsstoffe können dazu dienen, die Extraktionsausbeute zu verbessern und/oder die Fällung des extrahierten Farbstoffs zu begünstigen.

4. Abrennen des Niederschlags vom wässrigem Medium

- Rühren und Stehenlassen über ca. 24 Stunden
- Abziehen des Überstandes vom Niederschlag
- Filtration des Niederschlages

5. Nachbereitung

- Trocknung des Niederschlages
- Mahlen in Pulverform
- Aus Patentschrift: „Das durch Fällung gebildete unlösliche Farbstoffprodukt wird durch Sedimentation und Filtration aufkonzentriert und kann als wässrige Dispersion oder als getrocknetes und gemahlene Produkt für den folgenden Färbeprozess bereitgestellt werden. Auch andere Aufkonzentrierungsformen sind möglich z.B. Zentrifugation, Sprühtrocknung etc.“

Maschinenpark

Komponenten der Anlage, Überblick

- Extraktion
 - Extraktionsbehälter
 - Fördermaschinen, Extraktionstank, Rührer
 - Zufuhrvorrichtung
- Absetzbehälter
- Flockung
 - Flockungsbehälter
 - Pumpe (eventuell), Sieb, Dosierpumpe, Rührer
 - Lagerbehälter für Flockungsmittel und Neutralisierungsmittel
- Filtration
 - Pumpe, Filter
- Trocknung
 - Trockner, Mühle

Fördermaschinen

Für die Beförderung der Rohstoffe sind Fördermaschinen im Betrieb nötig.

Die Art von benötigten Fördermaschinen richtet sich nach der Beschaffenheit der Rohstoffe bzgl. Schüttdichte – dabei unterscheidet man zwei Arten an zu lagerndem Material:

- Rohstoffe mit definierter Schüttdichte: Die Schüttdichte ist konstant. Beispiele hierfür sind:
 - Gemahlene Nussschalen - Schüttdichte ca. 315 kg/m³
 - Gemahlene Eschenrinde - Schüttdichte ca. 360 kg/m³
 - Silolagerung ist prinzipiell möglich, aber nur bei Feuchtegehalt <10% - eine Bodenlagerung ist aber auch hier zu bevorzugen damit Schimmel jedenfalls vermieden werden kann
- Rohstoffe mit variabler Schüttdichte

Durch Ausübung eines Drucks nach unten kann das Volumen des Rohstoffs in der Lagerung reduziert werden. Setzt der Druck aus dehnt sich das Volumen wieder nach oben aus. Eine Zerkleinerung würde die Schüttdichte zwar verringern, sie würde aber trotzdem nicht definiert bleiben. Beispiele hierfür sind:

 - Zwiebelschalen, Färbepflanzen wie z.B. Goldrute
 - Lose Lagerung in Lagerhallen/Scheunen ist empfehlenswert

Zwei verschiedene Arten an Fördermaschinen sind nötig, eine Fördermaschine für Rohstoffe mit definierter Schüttdichte, eine für Rohstoffe mit variabler Schüttdichte.

- Fördermaschinen für Rohstoffe mit definierter Schüttdichte: Schneckenförderer, Gurtbandförderer
- Fördermaschinen für Rohstoffe mit variabler Schüttdichte:
Gabelstapler können für die Beladung, das Pressen des Rohstoffs und das Entladen verwendet werden

Zusätzlich ist je nach Gewicht der Ladung für die Be- und Entladung eventuell noch eine Kranbrücke nötig.

Extraktion

Bei der Auswahl der Ausrüstung für die Extraktion müssen folgende Rahmenbedingungen beachtet werden:

- Unterschiedliche Rohstoffe kommen zum Einsatz, welche sich in Wassergehalt und Partikelgröße unterscheiden – bei manchen dieser Rohstoffe kommt Rühren während des Extraktionsprozesses in Frage.
- Ein relativ großer Teil der Flüssigkeit, die sich in Färbepflanzen bzw. Zwiebelschalen während des Extraktionsprozesses ansaugt, kann durch Pressen wiedergewonnen werden – dies erhöht die Menge des Gesamtextrakts.
- Unregelmäßige Oberflächen wie z.B. Antriebsräder können die Reinigung, das Pressen und den Entladeprozess stark erschweren.

Vor diesem Hintergrund sollte die Extraktionsanlage wie folgt zusammengestellt werden:

Zufuhreinrichtung

Impeller (Mixer, Wirbelrad)

Eine Durchmischung des Extrakts ist aus folgenden Gründen nötig:

- Der Hitzetransfer von den Wänden zum Wasser muss gewährleistet werden
- Der Übergang des Pflanzenfarbstoffs von der festen Phase (Rohstoff) in die flüssige (Extrakt) muss ebenfalls gewährleistet werden.

Extraktionsbehälter = Extraktionstank

- Temperatursensoren, Strömungsmesser, Entlüftungsöffnungen
- Material
Alle Versuche wurden in einem einfachen Stahlbehälter durchgeführt – es wurden keine Verfärbung der Innenwände beobachtet. Für den halbtechnischen Maßstab ist ein rostfreier Stahlbehälter wegen seiner hohen Korrosionsbeständigkeit, dem guten Wärmeaustausch und seiner einfachen Reinigung zu bevorzugen.
- Isolierung
Alle Teile, die mit der Umwelt in Kontakt stehen, müssen isoliert werden.

- Größe

Das Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser sollte so gewählt werden, dass die entstehende Oberfläche möglichst klein ist, denn die Oberfläche steht direkt mit dem Gewicht des Tanks und den Kosten in Beziehung. Eine Erhöhung der Höhe führt zu einer linearen Erhöhung der Oberfläche, ein größerer Durchmesser hingegen vergrößert die Oberfläche exponentiell. Das Höhe/Durchmesser Verhältnis von 1,2 wird in der Literatur häufig gefunden. Es gibt zwar auch wesentlich höhere Tanks, diese Tanks sind aber auch wesentlich weniger stabil und erfordern eine höhere Anhebung des Rohstoffs.

Flokkulation

Zwischen dem Extraktionsbehälter und dem Koagulations-/Flokkulationsbehälter sollte ein Maschengitter angebracht werden. Das Gitter sollte für die Reinigung abnehmbar sein.

Koagulation und Flokkulation sind, obwohl die Begriffe manchmal als Synonym verwendet werden, unterschiedliche Vorgänge. Koagulation bezeichnet die Destabilisierung von Kolloidpartikeln durch Salz (z.B. die Beizen Aluminium- und Eisen(II)-Sulfate) – während Flokkulation den Prozess bezeichnet, indem destabilisierte Partikel agglomerieren und dadurch größere Partikel formen, welche sich absetzen. Im Folgenden werden nur die Begriffe Flokkulation/Ausflocken oder Ausfallen verwendet.

Ein offener Flokkulationsbehälter hat mehrere Vorteile:

- Die Durchmischungsbedingungen und die Menge an Fällungsmittel beeinflussen die Qualität (z.B. Größe) der Flocken – dies sollte beobachtet werden können
- Die zugegebene Menge an Fällungsmittel sollte proportional zu den in den Rohstoffen enthaltenen Farbstoffen sein – diese können sich je nach Charge allerdings unterscheiden. Eine visuelle Beurteilung des Extrakts ist daher ebenfalls von Vorteil, durch Erfahrung kann sie Rückschlüsse auf die enthaltene Farbstoffmenge geben.

Um das Extrakt während der Flokkulation von Staub etc. von außen zu schließen und trotzdem eine visuelle Beurteilung zu ermöglichen sollte der Behälter einen **halb-aufklappbaren Deckel** haben.

Folgende Zusatzausstattung wird während der Flokkulation benötigt:

- Absetzbehälter

Das Extrakt beinhaltet einen kleinen Anteil an Verunreinigungen - daher ist ein Absetzungsschritt nötig. Für das Absetzen wird das Extrakt in einen intermediären Absetzbehälter übergeleitet, dessen Design ähnlich wie das des Extraktionsbehälters sein sollte. Nach dem der Absetzprozess vollständig ist wird das nun saubere Extrakt in den Flokkulationsbehälter gepumpt.

- Flokkulationsbehälter, Material

Im Flokkulationsbehälter finden keine extremen mechanischen oder thermischen Belastungen statt, daher sollte der Behälter aus einem widerstandsfähigen Polymer bestehen. Da Druck und Temperatur moderat sind, kommen z.B. folgende Kunststoffe in Frage: Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC). Eine Art von Flokkulationstank für alle Rohstoffarten ist ausreichend.

- Zusätzliche Ausstattung

- Off-Center Impeller
- pH-Kontrollvorrichtung

- Flockungsmittelbehälter

Das Flockungsmittel kann als Salz oder als Lösung gekauft werden; eine optimale Flockung muss unter rascher Mischung zwischen Flockungsmittel (Fällungsmittel) und Extrakt stattfinden – das Flockungsmittel sollte also rasch in gelöster Form zugegeben werden können. Ein Flockungsmittelbehälter kann die gekaufte Lösung lagern oder es kann gekauftes Salz dort aufgelöst werden. Wenn das Salz erst aufgelöst werden muss ist allerdings ein „Dissolver Type Impeller“ nötig. Die Preise der beiden Fällungsmittel im Vergleich zu den Zusatzkosten des Impellers werden als Entscheidungsgrundlage dienen.

- Dosierpumpe für Fällungsmittel

- Neutralisierungsmittel-Lagerbehälter

- Dosierungspumpe für Neutralisierungsmittel

- Impeller

Die Durchmischung bei der Flokkulation ist nötig weil die Partikel sich einander annähern müssen um agglomerieren (Wachstum der Flockengröße) zu können. Wenn die Zugabe an Fällungsmittel nicht während der Überführung des Extrakts vom Sedimentationsbehälter stattfindet muss ein Impeller die Durchmischung übernehmen.

Filtration

Im nächsten Schritt muss der feste Niederschlag vom flüssigen Rest getrennt werden.

Filtration wurde mit allen näher untersuchten Rohstoffen getestet, zusätzlich wurde am Beispiel von Zwiebelschalen Zentrifugation getestet. In Frage kommen die Trennmethode Eindickung und Läuterung, Filtration und Zentrifugation bzw. eine Kombination dieser Methoden. Eindickung und Läuterung ist zwar energiesparend, wegen des hohen Zeitaufwandes aber nur in Kombination mit anderen Methoden verwendbar.

Trocknen

Der Energiebedarf für den Trocknungsschritt ist vom Wasserbedarf des Filterkuchens abhängig. Die Wahl des Trocknungsgerätes hängt stark von diesem Wassergehalt ab.

Mahlen

Das feste Produkt wird gemahlen, damit es im Färbeprozess durch eine größere Oberfläche leichter aufgelöst werden kann. Nach dem Trocknungsprozess bildet das Produkt kleine Kristalle, die leicht aufgelöst werden können, für den Färbeprozess ist allerdings ein rel. homogenes feines Pulver nötig, deshalb werden die Kristalle noch gemahlen.

Sonstige Ausrüstung

- Pumpen
- Rohre
- Bedienelemente

Anlagengröße

Mit einem im Rahmen des Projektes erstellten Excel-Modell kann die Anlagengröße für verschiedene gewünschte Outputmengen variiert werden. Bei der Wahl der tatsächlichen Anlagengröße werden folgende Faktoren mit berücksichtigt: Erzielbarer Absatz, Wirtschaftlichkeit der Anlagengröße (Break Even Point an verkaufter Menge bei Berücksichtigung der Fixkosten), verfügbare Rohstoffmenge, Energiebilanz.

Färbevorgang

Das Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck hat das Herstellungsverfahren und Färbeverfahren der pulverförmigen Extrakte von Pflanzenfarbstoffen zum Patent angemeldet. Im Patent (AT 508000) werden folgende Aussagen zum Färbevorgang gemacht:

„Bei Verfahren zur Herstellung einer Lösung enthaltend einen Farbstoff wird eigentlich eine Lösung mit höherer Konzentration an Farbstoff hergestellt als durch die einfache Extraktion erhältlich ist. Ein wesentlicher Schritt ist die abschließende Überführung des Farbstoffes aus dem Farbstoffniederschlag in eine wässrige Lösung durch Zugabe eines Freisetzungsmittels, so kann die gewünschte Konzentration an Farbstoff in der wässrigen Lösung eingestellt werden.“

1. Überführen des Pflanzenfarbstoffextrakts in ein wässriges Medium

Das an sich für die Färbung ungeeignete Farbstoffpigment wird im Rahmen des Auflösungs-schritts beispielsweise durch Behandlung mit Säure oder Komplexbildner aufgelöst, in dem das die Fällung verursachende Fällungsmittel (wie z.B. das Metallion) durch pH-Verschiebung oder Komplexbildung wieder mobilisiert wird.

2. Ausfällen durch Zugabe eines Fällungsmittels, wobei das Fällungsmittel einen Teil des Niederschlags darstellt

3. Abtrennen des Farbstoffniederschlags vom wässrigem Medium

4. Färben des Substrats mit einer wässrigen Lösung, indem der Farbstoff aus dem Farbstoffniederschlag durch Zugabe eines Freisetzungsmittels in die wässrige Lösung freigesetzt wird, wobei

- das Freisetzungsmittel ein Komplexbildner ist, ausgewählt aus der Gruppe der Polycarboxylate, Polycarbonsäuren, Aminopolycarbonsäuren, wie NTA oder EDTA, Oxalat, Gluconat, Citrat, Phosphat, Polyphosphat oder Kombinationen daraus.
- Zusätzlich können noch Säuren zugesetzt werden, bevorzugt aus der Gruppe der Essigsäure, Zitronensäure, Salzsäure, Gluconsäure und Oxalsäure.
- Die so erhaltene Farbstofflösung kann nun durch Zugabe ins vorbereitete Färbebad zum Färben verwendet werden.
- Die Färbung wird nach den üblichen Färbeverfahren für Naturfarbstoffe durchgeführt. Bei der Verwendung von Metallbeizen ist darauf zu achten, dass die beim Auflösen des Farbstoffpigments eingesetzten Chemikalien nicht die zugesetzte Beize ebenfalls binden. Dies kann jedoch durch Verwendung einer soweit erhöhten Beizenmenge korrigiert werden, dass die für die Beizenfärbung erforderliche Menge an freiem Metallion verfügbar ist.

Das detaillierte Farbe Know How wird den Färbenden Betrieben von der Colors of Nature GmbH gemeinsam mit dem Pflanzenfarbstoff zur Verfügung gestellt.

Qualitätsstandards

Pflanzenfärbungen werden von der Industrie nur akzeptiert, wenn sie in der Qualität mit den bisher eingesetzten synthetischen Farbstoffen zu vergleichen sind. Eine möglichst große Annäherung der Standards an jene von konventionellen Farbstoffen (Farbton, Lichtechtheit, Schweißechtheit, Waschechtheit,...) wird angestrebt. Die gewünschten Qualitätsstandards für die Farbstoffe sowie die Standardisierung der Färbeprozesse im Betrieb wurden gemeinsam mit den kooperierenden textilveredelnden Betrieben erarbeitet und katalogisiert. Die Standardisierung ist von essentieller Bedeutung bei der Verwendung von Pflanzenfarbstoffen in der modernen Textilindustrie. Ziel war es reproduzierbare, egale (gleichmäßige) Färbungen auf einem konstanten Echtheitsniveau zu erhalten.

Auf den folgenden Seiten werden die erstellten Produktkonzepte vorgestellt und die durchgeführte Qualitätsbewertung und die Echtheitsbestimmungen beschrieben.

Musterfärbungen/Produktkonzepte

Aufbauend auf den ausgewählten Rohstoffen wurden in Zusammenarbeit mit Textilunternehmen und Handelsunternehmen Produktkonzepte für naturfarbstoffgefärbte Textilien erarbeitet und Musterfärbungen durchgeführt.

Im 2. Halbjahr 2008 wurden zwischen den Firmenpartnern und dem Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck Produktkonzepte ausgearbeitet. Mit deren Umsetzung in die industrielle Praxis wurde im Sommer 2008 begonnen - zunächst wurden Laborversuche zur Erzeugung bestimmter Farben und Farbtöne aus Färbepflanzen beim Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck durchgeführt, dann wurden die Laborversuche mit größeren Mengen in den Firmenlabors wiederholt. Bei den Großversuchen wurden geeignete Stoffbeutel verwendet. Eine Färbung mit Extrakt wäre ebenfalls möglich gewesen, da die Firmenpartner einer direkten Auskochung in ihrer Firma aber zustimmten wurde eine doppelte Erhitzung vermieden.

1. *David Fussenegger Textil GmbH*



Abbildung 3: Babydecke David Fussenegger

Bis März 2009 wurden zwei große Partien von 25 und 50 kg Baumwollgarn mit Nussschalen bei Hämmerle gefärbt, welche zu Stoffmustern verarbeitet wurden. Die Ergebnisse waren zufriedenstellend. Als Produktkonzept wurden die gefärbten Garne zu Babydecken weiterverarbeitet (siehe Abbildung 3).

2. Fussenegger Heimtextilien GmbH

Hier wurden umfangreiche Versuche auf verschiedensten Substraten durchgeführt. Ein Großteil davon auch vor Ort im Unternehmen. Anschließend wurden die Lichtechtheiten am



Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck geprüft (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4:
Muster
Fussenegger
Heimtextilien

Auf folgenden Substraten wurden Versuche durchgeführt: Polyamid Maschenware, Polyamid Stickerei, Wollgewebe und Leinengewebe. Die Ergebnisse in der Farbeinstellung (z.B. Farbintensität, Übereinstimmung mit Mustervorgaben) hängen sowohl vom Substrat als auch von der Färbepflanze ab – wesentlich ist die richtige Kombination. Als Substrate wurden verwendet: Leinen, Polyamid, Wolle. Gefärbt wurde mit Zwiebelschalen, Eichenrinde, Nussschale, Färberwau (= Resede)



Abbildung 5: Färbung bei
Fussenegger Heimtextilien

Im 2. Halbjahr 2009 machte Fussenegger Heimtextilien GmbH eine Pflanzenfärbung für jene Unternehmenspartner, die selbst nicht färben. Das Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck hat Muster und Farbvorgaben zur Ausfärbung bekommen. Die Einstellung der Farbvorgaben und Übergabe der Muster erfolgte im Sommer 2009. Für die Firma Glückstoff wurden 25 m Baumwolle gefärbt (siehe Abbildung 5). Für die Firma Leinenweberei Vieböck GmbH wurden Leinengewebe- und Garnmuster gefärbt. Außerdem erfolgte bereits eine Färbung von 50 m Leinen für die Leinenweberei Vieböck

GmbH.

3. Schoeller Hard GmbH & CoKG

Bei Schoeller Hard GmbH & CoKG kann u.a. Wolle (Kammzug, Strang und Spulen) von 30 kg – 2.000 kg gefärbt werden. Eine Musterkollektion von Wollfäden-Färbungen wurde zusammengestellt.

Bei Kammzugfärbung wurden gute Ergebnisse erzielt, ein großer Vorteil für die Pflanzenfärbung liegt hier darin, dass der Kammzug vor dem Spinnen gefärbt wird und Farbunterschiede beim Spinnen ausgeglichen werden können. Dunkle Farben könnten durch wiederholte Färbung erzielt werden.

4. Odrowaz, Bettina Reichl, Graz (Musterkollektion Nov./Dez. 2010)

Verschiedene Materialien (Baumwolljersey, Leinengewebe, Stroh, Bast und Brennnessel) wurden am Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck mit Färbepflanzen und Reststoffen aus der Holzverarbeitenden oder lebensmittelverarbeitenden Industrie gefärbt: aus Holzabfällen gewonnenes Tannin für ein dunkles Anthrazit; für Beige Tannin und Nusschale und für Gelb die Kanadische Goldrute (Abbildung 6).



Abbildung 6: Odrowaz: Verschiedene Materialien gefärbt mit Tannin, Nusschale und Goldrute

Aus den gefärbten Artikeln wurde eine Öko-Kollektion hergestellt – „ODROWAZ Sommerkollektion 2011 mit naturgefärbten Stoffen“. Diese Kollektion hat den Kastner und Öhler Fashion Award 2011 bekommen (Abbildung 7).



**Abbildung 7: Sommerkollektion Reichl (Tannin, Nusschale, Kanadische Goldrute)
Foto: Odrowaz - Bettina Reichl, Fotograf: Stephan Friesinger**

5. Färberei Kronbühl, CH (Musterkollektion Juli 2009 und Juni 2011)

Herstellung von Materialien für eine Designerin. Im Jahr 2009 standen erste Laboreinstellungen zur Verfahrensdiskussion und 2011 wurde die Musterkollektion erstellt (Polyamid Gestricke).

Verschiedene Materialien wurden gefärbt. Die Materialien wurden vorwiegend nach dem Standardverfahren im Labormaßstab im Ausziehverfahren gefärbt. Die Beize wurde meist direkt zum Bad zugegeben, Vorbeizen war nicht vorteilhaft.

- Färbeprozess: Ausziehverfahren
- Farben: oliv, gelb, rotbraun, orange, braun
- Rohstoffe: Goldrute, Zwiebelschalen, Nussschalen, Tannin

6. Arang, Konsulent Korea, Deutschland CH (Musterkollektion Nov./Dez. 2010)

Herstellung von Materialien für eine Öko-Kollektion mit Papiergarn

- Verschiedene Materialien wurden gefärbt:
 - Papiergarn
 - Papiergarn/Modal-Mischungen
 - Färbeprozess: Ausziehverfahren
- Farben: oliv, gelb, braun, grau
- Rohstoffe: Goldrute, Eschenrinde, Nussschale

Die Materialien wurden vorwiegend nach dem Standardverfahren im Labormaßstab im Ausziehverfahren gefärbt.

7. Fa. Schoeller Hard/Bregenz (Musterkollektion Juli 2010)

Färbung von Wollkammzug dunkelgrau/anthrazit (Tannin mit Vorbeize Eisenbeize)

- Materialmenge: rund 50 kg Wollkammzug
- Tannin

Das Material wurde von Schoeller auf technischen Anlagen vorbehandelt/gebleicht.

8. Firma Fussenegger Textil, Vieböck, Glückstoff, Newtex, Bettina Reichl (Musterkollektion Juli 2010)

- Färbung von Baumwolljersey/ Leinengewebe dunkelgrau/anthrazit (Tannin)
- Verschiedene Materialien wurden gefärbt: Baumwolljersey (Glückstoff), Leinengewebe (Vieböck, Newtex, Bettina Reichl)
- Materialmenge: rund 200 m Gesamtlänge

Das Material wurde von JM Fussenegger auf technischen Anlagen vorbehandelt /gebleicht/gebrüht (Leinen), bzw. vorgewaschen (Baumwollstoff von Glückstoff).

Die Stücke wurden schlussendlich an die verschiedenen ProjektpartnerInnen und InteressentInnen abgegeben.



Abbildung 8: : Färbung bei JM Fussenegger

9. Österreichisches Ökologie-Institut, Göttin des Glücks (Musterkollektion 2010)

Färbung von Baumwolljersey (Göttin des Glücks) nach Farbvorlagen gelborange und anthrazit (Farben des Logos des Österreichischen Ökologie-Instituts)

Verschiedene Farbtöne wurden gefärbt:

- Baumwolljersey 4,8 kg wurde gelborange gefärbt,
- Baumwolljersey 2,7 kg wurden anthrazit gefärbt

Das Material wurde auf einer Fully-Fashion Anlage gefärbt.

Für die 25-Jahr Feier des Österreichischen Ökologie-Instituts wurde eine Sonderanfertigung von nachhaltigen textilen Green Gimix produziert durch das Modelabel *Göttin des Glücks*: 400 Stück Manschetten, zweifärbig (innen/außen) und Schmückbänder zweifärbig mit Druck in Kontrastfarbe.

Die von *Göttin des Glücks* verwendete Baumwolle stammt aus kontrolliert biologischen Anbau aus Mauritius (Fairtrade und GOTS-Zertifikat) und wurde am Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck mit Tannin (grau) und Zwiebelschalen (gelb) gefärbt.



Abbildung 9: Green Gimix: Manschette und Schmuckband

Qualitätsbewertung

Die gefärbten Musterstücke wurden verschiedenen Tests unterzogen um ihre Eigenschaften während der Weiterverarbeitung und im Gebrauch zu ermitteln.

1. Überprüfung der Haptik, Optik und des Geruchs des Musterstücks

Eine Überprüfung der Haptik (Griff) und Optik (Erscheinungsbild) erfolgt direkt nach der Trocknung. Bewertet wird nach subjektivem Empfinden. Visuell wird die Egalität (Flecken, Streifen und Ablagerungen) der Musterfärbung betrachtet und dokumentiert (MUSSAK 2008). Durch verschiedene Versuchspersonen erfolgt eine Bewertung des Griffs, der Egalität der Färbung des visuellen Eindrucks wie auch des Geruchs. Die Ergebnisse sind subjektiv, spiegeln jedoch die emotionale Ebene bei Kaufentscheidungen wieder.

2. Farbmetrische Untersuchung

Die Farben der Proben werden mit Hilfe eines Dreibereichsfarbmessgeräts (Gerät zur Messung farbmetrischer Parameter) bestimmt. Die Farbwerte werden als CIE-Lab-Werte definiert. Der CIE-Lab-Farbraum ist medienneutral, geräteunabhängig und wird im Farbmanagement als Berechnungsgrundlage für alle Farbraumumwandlungen genutzt. CIE-Lab berücksichtigt die physiologischen Eigenschaften der menschlichen Farbwahrnehmung und dient als „Übersetzungshilfe“ bei der Farbraumtransformation in den Farbmanagementsystemen.

Eine weitere Methode Aufschluss über das farbige Aussehen einer Probe zu erhalten ist die wellenlängenabhängige Remissionsmessung (diffuse Rückstrahlung).

Bestimmung der Echtheiten

Im Vorprojekt FARB&STOFF wurden folgende Grenzwerte für die Echtheiten festgelegt um die Auswahl geeigneter Ressourcen zur Erstellung einer Farbkarte zu erleichtern (GEISSLER & GANGLBERGER 2003).

- Waschechtheit (Feinwäsche 40 °C, pH-neutral): Es werden, vergleichbar mit der Wasserechtheit, wiederum 5 Noten für die Farbänderung und das Anbluten auf Begleitgewebe im Bereich von 1 (schlecht) bis 5 (sehr gut) vergeben. Die Echtheitsnote muss mindestens 3 bis 4 betragen.
- Wasserechtheit (schwer): Es werden Wasserechtheitsnoten sowohl für die Farbänderung wie auch für das Anbluten auf Begleitgewebe überprüft. Das Spektrum reicht dabei jeweils von 1 bis 5, wobei höhere Werte einer höheren Wasserbeständigkeit entsprechen. Ein Mindestwert von 3 bis 4 muss erreicht werden.
- Lichtechtheit: Die möglichen Noten liegen zwischen 1 und 8, wobei größere Werte eine bessere Lichtbeständigkeit zeigen. Für eine positive Weiterverfolgung muss eine Mindestechtheit von 3 erreicht werden.

Diese Grenzwerte wurden von den gefärbten Proben erfüllt bzw. übertroffen.

Optimierung der Kooperation

Für ein Gelingen der Herstellung und Vermarktung des Produktes Pflanzenfarbstoff ist eine Zusammenarbeit/ein Informationsaustausch der verschiedenen Glieder der textilen Wertschöpfungskette vom Rohstofflieferanten über den Pflanzenfarbstofflieferanten hin zu den färbenden Betrieben und DesignerInnen nötig.

Es wurde analysiert, wie ein intensiver Know-How Austausch zwischen den an der textilen Wertschöpfungskette beteiligten PartnerInnen zur Prozessoptimierung und Qualitätssteigerung beitragen kann.

Durch Feststellung der Bedürfnisse der Beteiligten der Kooperation (siehe Abbildung 10) und der Vorteile aus der Kooperation für jeden Partner konnten nötige Kooperationsinhalte für jeden Partner gegenüber den anderen Partnern der textilen Wertschöpfungskette ermittelt werden. Der Kooperationsplan enthält außerdem ein gemeinsames Verständnis der Vision und Ziele der Kooperation. Diese Inhalte werden auf den folgenden Seiten überblicksartig dargestellt.

Als Grundlage des Kooperationsplans dienten Gespräche mit den Firmenpartnern und RohstoffproduzentInnen. Außerdem wurde ein Workshop mit DesignerInnen am 23. Juni 2010 organisiert, indem die Bedürfnisse von DesignerInnen und EndkonsumentInnen erhoben wurden.

Vision der Kooperation

Am Anfang von Colors of Nature stand eine Idee:

Die textile Färbeindustrie führt weltweit zu großen Belastungen für die Umwelt – außerdem geht ihre fossile Rohstoffbasis zur Neige. Wir wollten zeigen, dass die Jahrhunderte lang betriebene pflanzliche Textilfärbung modifiziert werden kann um den Anforderungen moderner Färbe- und Handelsbetriebe und gleichzeitig höchsten Standards der Umwelt- und Sozialverträglichkeit zu entsprechen. 10 Jahre arbeiteten VertreterInnen aller Elemente der textilen Wertschöpfungskette, von LandwirtInnen über färbende/textilveredelnde Betriebe bis hin zu DesignerInnen zusammen an diesem Ziel.

Nach 10 Jahren Forschungstätigkeit ist es uns gelungen unser Ausgangsziel zu einem großen Teil umzusetzen: Colors of Nature – Farben der Natur GmbH verfügt über eine Palette pflanzlicher Farbstoffe höchster Qualitätsstandards. Bei den am Erfolg beteiligten Unternehmen handelt es sich um visionär denkende Betriebe, die bereits früh entdeckt haben, dass Farbstoffe auf pflanzlicher Basis nicht nur Vorteile für die Umwelt, sondern durch einen steigenden Markt an Kunden, die auf den Kauf ökosozialer Produkte hoher Qualität großen Wert legen, auch wirtschaftliche Vorteile für ihre Firmen bringen.

Kooperationsziele

Die Kooperation verfolgt folgende Hauptziele:

- Optimale Nutzung der Vorteile der Kooperation für jeden Partner wie in den Kooperationsprofilen dargestellt
- Hohe Motivation der Partner
Die Partner kennen die Vorteile, die sich aus der Kooperation für sie ergeben und sind dadurch stark motiviert die Kooperation aufrecht zu erhalten und zu fördern.
- Prozessoptimierung
- Optimierung des Informationsaustausches (siehe Kooperationsinhalte)
Die Partner sind sich über ihre Aufgaben bzgl. Informationstransfer bewusst, Information wird daher zeitgerecht an die richtigen Partner zur Verfügung gestellt
- Optimierung der Qualität des Produktes
Partner erhalten zeitgerecht die Information, die sie brauchen um gemeinsam zu einer hohen Qualität des Produktes Pflanzenfarbstoff beizutragen
- Förderung von pflanzengefärbtem Textil

Kooperationsskizze

Folgende Arten von Partner in der textilen Wertschöpfungskette wurden identifiziert:

- A: Hauptrohstofflieferanten
 - A1: Landwirtschaft – Pflanzenanbau
 - A2: Lebensmittel- oder Holzverarbeitende Betriebe (LHB): Reststofflieferanten
- B: Pflanzenfarbstoffproduzent
- C: Färbende Betriebe
- D: Textilverarbeitende Betriebe/Designer/Handel

Die Kooperationsskizze (Abbildung 10) zeigt die an der Kooperation beteiligten PartnerInnen der textilen Wertschöpfungskette. Die Pfeile symbolisieren den nötigen Informationstransfer, wobei die dickeren Pfeile Hauptinformationsflüsse darstellen. Deutlich wird die zentrale Lage des Pflanzenfarbstoffproduzenten im Informationsaustausch: Er gibt und benötigt die meisten Informationen und fungiert als Plattform des Informationsaustausches.

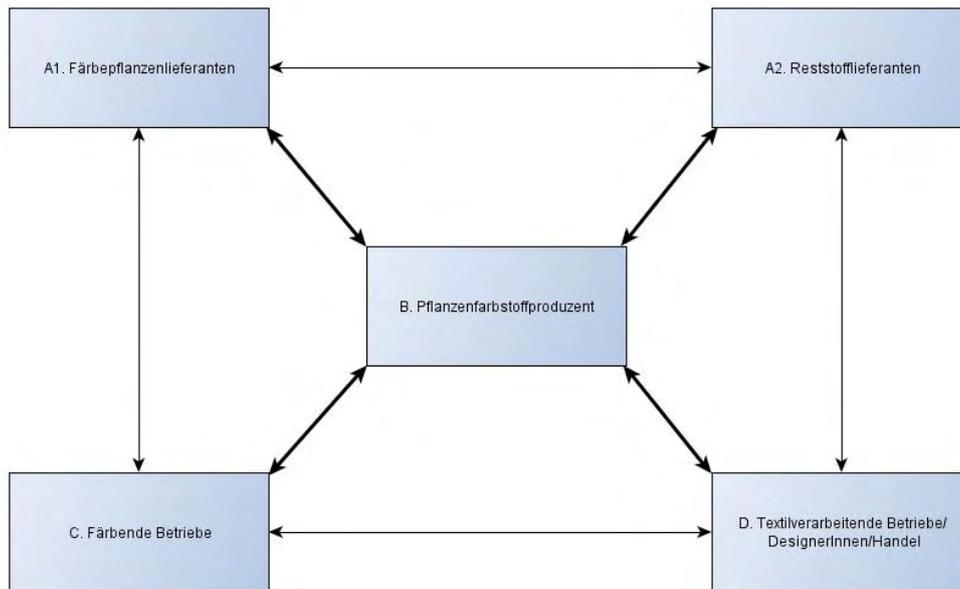


Abbildung 10: Glieder der Textilen Wertschöpfungskette bei Pflanzenfarbstoffen

Kooperationsinhalte

Im Kooperationsplan wurden alle Kooperationsmöglichkeiten der an der Wertschöpfungskette beteiligten PartnerInnen skizziert. Der Kooperationsplan baut auf den Kooperationsprofilen der einzelnen Partner auf, in denen Vorteile aus der Kooperation für den jeweiligen Partner und Anforderungen bzgl. Informationsbedarf an andere Partner dargestellt werden. Daraus abgeleitet wurden die Inhalte der Kooperation: Art und Ausmaß des laufenden Know-How Transfers werden dargestellt. Output ist eine optimale Nutzung der Potentiale der Kooperation für jeden Partner und jede Partnerin und eine optimierte Qualitätssicherung des Produktes. Des Weiteren wird ein Anforderungsprofil für potentielle neue Partner dargestellt um auch bei einer Erweiterung des Kooperationsnetzwerkes eine Maximierung der Kooperationsmöglichkeiten von Anfang an mit zu berücksichtigen.

Als Auszug des Kooperationsplans werden die Kooperationsinhalte des Pflanzenfarbstoffproduzenten beschrieben.

Kooperationsinhalte B. Pflanzenfarbstoffproduzent

Folgende Informationen muss der Pflanzenfarbstoffproduzent zeitgerecht zur Verfügung stellen:

- An Hauptrohstofflieferanten
 - frühzeitige „Vorbestellung“ der nötigen Anbaumenge bei Landwirten
 - Information über nötige Beschaffenheit der Pflanzen
 - Informationen über Lagerung
 - Transport
 - Informationen über die nötigen Umweltstandards
 - Preis
 - Dokumentation der Rohstoffqualität
 - Durch Änderungen in der Rohstoffqualität ergeben sich für den Farbstoffproduzenten potentiell Änderungen in der Farbe/Ausbeute. Da dieser die Farbe standardisieren und die Ausbeute optimieren will muss der Landwirt/die Landwirtin wissen, welche Parameter der Rohstoffe er für die Dokumentation des Pflanzenfarbstoffproduzenten aufzeichnen soll (z.B. Erntezeitpunkt, Lagerdauer, Schichtdicke der Lagerung, Dauer der Trocknung...)
- An Färbende Betriebe
 - Qualität
 - Mögliche Farbpalette
 - Erzielte Echtheiten
 - Reproduzierbarkeit der Farbe
 - Waschvorschriften
 - Technische Rahmenbedingungen
 - Färbebedingungen/Färberezept
 - Möglichkeit von Färbungen nach Zielvorgaben
 - Verfügbarkeit/Preis
- An Textilverarbeitende Betriebe/DesignerInnen/Handel

EndkonsumentInnen und DesignerInnen wollen im Optimalfall pflanzengefärbte Stoffe mit einer Farbpalette, die jenen synthetischer Farben entspricht, hohe Echtheiten inkl. Waschbarkeit bei 60 °C, und gleichbleibende Farbtöne (Reproduzierbarkeit). Pflanzengefärbtes Textil kann diese Wünsche, die auf langjährigen Erfahrungen mit synthetisch gefärbten Textil beruhen, zwar zu einem Großteil aber nicht gänzlich erfüllen. Ein intensiver Aufklärungsprozess der EndkonsumentInnen ist nötig – KonsumentInnen sollen bzgl. den Vorteilen von pflanzengefärbtem Textil sensibilisiert

werden und die Unterschiede zu synthetisch gefärbtem Textil als integrative Eigenschaft einer natürlichen Färbemethode begreifen.

- Qualität
 - Farbpalette, Reproduzierbarkeit der Farbe
 - Echtheiten
 - Waschvorschriften
- Technische Rahmenbedingungen
 - Färbebedingungen/Färberezept
 - Möglichkeit von Färbungen nach Zielvorgaben
- Verfügbarkeit/Preis:
Wann kann wie schnell welche Menge zu welchem Preis und welchen Konditionen geliefert werden?

Des Weiteren hat der Pflanzenfarbstoffproduzent folgende Aufgaben in der Kooperation:

- Aufrechterhaltung und Koordination der Kooperation
- Organisation von Kooperationsmeetings

Marktanalyse

Im Rahmen des Projektes wurde vom Unternehmensberater Thomas Huber (Huber Ventures) in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Ökologie-Institut eine Marketingstrategie für Colors of Nature Farben der Natur GmbH erstellt.

Die Strategie umfasst eine ausführliche Zielmarktanalyse und eine daraus abgeleitete Marketingstrategie. Im folgenden wird die Zusammenfassung dieser Arbeit dargestellt:

Branchen- und Marktsituation: Das Absatzvolumen für konventionelle textile Farbstoffe lag 2008 im Bereich von 1,2 - 1,5 Millionen Tonnen jährlich, dies entspricht einem Marktvolumen von 4,5 Milliarden EUR; Konventionelle Farbstoffhersteller sind in der Regel große, multinationale Chemiekonzerne mit bedeutenden Produktionskapazitäten in Schwellenländern. Mengenwachstum in der Textil- und Farbstoffbranche erfolgt fast ausschließlich in Asien, mehr als die Hälfte aller weltweit verkauften Textilien wird in China, Indien, Indonesien und Vietnam erzeugt. Textilunternehmen in Europa und Nordamerika haben sich auf hochwertige Segmente in den Bereichen Technische Textilien, Haushaltstextilien und Bekleidung spezialisiert, um gegenüber Wettbewerbern aus Schwellenländern konkurrenzfähig zu bleiben. Das größte Erfolgspotential ist in jenen Ländern zu erwarten, in denen es (1) geringe Markteintrittsbarrieren gibt, (2) hohe Innovationsbereitschaft bei Textilproduzenten und Konsumenten herrscht, und deren (3) lokale Wettbewerbsvorteile auf Qualität basieren. Diese Zielländer sind gemäß Analyse insbesondere Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien, USA sowie Österreich als Heimmarkt. Daraus kann ein Marktpotenzial für pflanzliche Textilfarbstoffe von ca. 45 Millionen EUR jährlich abgeleitet werden. Marketingziele: Das Ziel der Marktführerschaft in den relevanten Marktsegmenten innerhalb von 5 Jahren ab Geschäftstätigkeit erscheint sehr ambitioniert, ist aber bei konsequenter Umsetzung der vorgeschlagenen Marketingstrategie und Maßnahmen machbar; eine mittel- bis langfristige Planung ist schwierig, Marketingstrategie: Pflanzenfarbstoff lässt sich aufgrund seiner Eigenschaften sehr gut als nachhaltiges und ressourcenschonendes Produkt positionieren. Eine schrittweise Wachstumsstrategie mit Absicherung der Wertschöpfungskette und Erschließung neuer Kundengruppen (z.B. junge, trendige Modelabels) erscheint erfolgversprechend. Marketingmaßnahmen: Kunden sollte der Fortschritts- und Nachhaltigkeitsgedanke vermittelt werden; mit Pflanzenfarbstoff gefärbte Textilien können sich zu einer echten Marktchance entwickeln, mit der man Pionierarbeit leistet. Wichtig erscheint auch, einen Nachfrage- Pull beispielsweise durch Mode-Labels zu erzeugen, damit Färber/Textilhersteller das Marktpotenzial erkennen und ihre Produkte danach ausrichten. Marketingbudget und -controlling: Ziele, Strategie und Maßnahmen sollten mit ausreichenden Budgetmitteln untermauert und ihre Umsetzung regelmäßig überprüft werden; dies ist insbesondere im Bereich der Produkt- und Preispolitik von grundlegender Bedeutung.

Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

Einpassung in die Programmlinie

Das Projekt Colors of Nature – Pflanzenfarbstoff in der Praxis – wurde im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“ in der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ unter der Kategorie „5.3 Nutzung nachwachsender Rohstoffe und biogener Reststoffe aus Verarbeitungsprozessen“ – „Entwicklung und Erprobung von Technologien und Untersuchungsverfahren zur Ermöglichung der für die Verarbeitung notwendigen Qualität und Verfügbarkeit noch nicht etablierter nachwachsender Rohstoffe“ als wirtschaftsbezogene Grundlagenforschung durchgeführt. Das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften wurde durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert und wird durch die Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft als Programmträger abgewickelt.

Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie

Generelles Ziel, das auf den Projektergebnissen basierend erfüllt werden soll, ist es in Österreich ein dauerhaftes Angebot des nachhaltigen Produktes „Pflanzenfarbstoff“ zu schaffen, das gleichzeitig zur Entlastung der Umwelt, zur Erhöhung der Biodiversität und zur Stärkung der heimischen Textilwirtschaft beitragen kann.

Im Rahmen des Projektes wurden wesentliche Arbeiten zur Implementierung des innovativen Verfahrens zur Herstellung von Pflanzenfarbstoffen in den österreichischen Textilmarkt geleistet. Das Projekt trägt daher dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft und Wissenschaft zu erhöhen, gleichzeitig die Lebensbedingungen jetziger und zukünftiger Generationen durch Verwendung einer nachhaltigen Rohstoffbasis zu verbessern und eine starke Verringerung der Umweltbelastung im Vergleich zu synthetischen Farbstoffen und Schonung der fossilen Rohstoffbasis zu erzielen.

Es wird ein innovativer Technologiesprung im österreichischen Textilmarkt erreicht, welcher ein hohes Marktpotenzial verspricht: Europäische textilveredelnde Betriebe können sich hauptsächlich durch Qualitätsvorsprünge und Diversifizierung des Sortiments von der asiatischen Billigfärbeindustrie abheben – das Angebot pflanzengefärbten Textils ist hierfür eine gute Methode, insbesondere, da das steigende Segment ökologisch bewusst kaufender KonsumentInnen erreicht wird.

Das Projekt ist eindeutig umsetzungsorientiert. Durch einen intensiven Informationsaustausch über die Anforderungen der Wirtschaft und Möglichkeiten des Pflanzenfarbstoffherstellers in der engen Kooperation mit den Projektpartnern, können dauerhaft funktionierende Strategien zur Optimierung entwickelt werden und so ein Innovationsprung auf dem Gebiet der Pflanzenfarbstoffanwendung erreicht werden. Besonderes Augenmerk wird in diesem Projekt auf die Anwendung von Reststoffen gelegt, wie z.B. Reststoffe aus der lebensmittel- und holzverarbeitenden Industrie. Dadurch kann die Wahrnehmung bei den

KonsumentInnen und das Image von nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere von pflanzlichen Reststoffen, positiv beeinflusst werden.

Beitrag zu den Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung

Der Fokus des vorgestellten Projektes liegt auf der Optimierung bei der Gestaltung und der Anwendung von nachwachsenden Rohstoffen für die Textilfärbung.

Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Durch die Implementierung von Pflanzenfarbstoff in die gewerbliche und industrielle Textilfärbung werden verstärkt nachwachsende Rohstoffe wie Färbepflanzen und auch Reststoffe aus der lebensmittel- und holzverarbeitenden Industrie Verwendung finden. Damit leistet das Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung einer kaskadischen Nutzung von sowohl pflanzlichen Rohstoffen als auch Reststoffen wie etwa Zwiebelschalen.

Effizienzprinzip

In den Vorgängerprojekten wurde bereits gezeigt, dass die Herstellung von Pflanzenfarbstoff energie- und materialeffizient durchgeführt werden kann. Sowohl Anbau der Färbepflanzen als auch Herstellung der Pflanzenfarbstoffe verzichten auf toxische Chemikalien und werden bzgl. ihres Energieaufwands optimiert.

Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit erneuerbarer Ressourcen

Der bei der Herstellung der Pflanzenfarbstoffe entstandene Abfall (extrahiertes Pflanzenmaterial) eignet sich zur umweltgerechten Entsorgung.

Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit

Die Herstellung des Pflanzenfarbstoffs erfolgt in Zusammenarbeit mit LandwirtInnen aus der Standortregion des Pflanzenfarbstoffherstellers. Auf kurze Transportwege bei der Beschaffung der Rohstoffe aus der Landwirtschaft und der Reststoffe wird geachtet. Da alle an der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure im Projekt involviert sind, ist eine Einpassung an vorhandene regionale Rahmenbedingungen (z.B. klimatische Bedingungen) möglich.

Die Optimierung des Farbstoffproduktionsprozesses erfolgte unter Einbindung der an der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure, um die Farbstoffproduktion an bestehende Betriebslogiken anzupassen. Daher sind im Projekt beteiligte Betriebe an den Optimierungsprozessen direkt involviert. Eine erfolgreiche Etablierung erfordert jedenfalls von allen Beteiligten die Bereitschaft zur Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit.

Nachfrageseite: In zahlreichen Optimierungsschritten wird eine Anpassung an die Wünsche der KundInnen des Textilhandels ermöglicht.

Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge

Es handelt sich bei der "Färbepflanzentechnologie" um eine Technologie mit sehr geringem Risikopotential. Störfälle technischer Anlagen mit potentiellen Auswirkungen auf ganze Landstriche und zukünftige Generationen sind ausgeschlossen - es können keine irreversiblen Schäden eintreten. Neben den zahlreichen Chancen, die die vorgeschlagene Technologie bietet, gibt es auch Risiken, die die Umsetzung der Pflanzenfärbung gefährden können. Diese Risiken wurden im Vorgängerprojekt „Riskmin“ behandelt und eine Reihe von Vermeidungsstrategien wurde vorgeschlagen.

Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

Wesentlicher Faktor im Projekt ist das Zusammenlaufen sämtlicher im Projekt erreichter Optimierungen im Betriebshandbuch. Das Betriebshandbuch findet daher über das Projektende hinaus Verwendung, da er für die Implementierung von Pflanzenfarbstoff in der Textilindustrie wesentlich ist.

Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Durch die Produktion von Pflanzenfarbstoffen werden heimische Betriebe folgender Branchen gefördert:

- Landwirtschaft: Umsatz regional produzierter Rohstoffe
- Holz-/lebensmittelverarbeitende Industrie: Umsatz von Neben- oder Abfallprodukten, die sonst tlw. als Abfall entsorgt werden müssten
- Pflanzenfarbstoffproduzent: Umsetzung des innovativen Herstellungsverfahrens
- Textilveredelnde Betriebe: Sicherung eines Marktvorteils durch die Aufnahme des hochqualitativen Produkts pflanzlich gefärbter Textilien in ihr Sortiment. Weitere Abgrenzung von der asiatischen Billigindustrie, Fokussierung auf das Segment ökologisch bewusst kaufender KonsumentInnen

Bisher wurden auch ökologische Textilien zum überwiegenden Teil mit synthetischen Farbstoffen gefärbt. Durch das Angebot pflanzlich gefärbten Textils kann diese Lücke

geschlossen werden, KonsumentInnen können komplett ökologisch produziertes Textil beziehen.

Beitrag zu den Zielen der 4. Ausschreibung

Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Der Themenschwerpunkt „Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ ist ein wesentlicher Schwerpunkt der 4. Ausschreibung der Programmlinie – dazu trägt das Projekt wesentlich bei:

Die Forcierung von nachwachsenden Rohstoffen ist ein übergeordnetes Ziel des Projektes zur Entwicklung von Pflanzenfarbstoff. Dabei wird auf zwei nachwachsende Rohstoffquellen zurückgegriffen. Einerseits Färbepflanzen, die durch agrarischen Anbau gewonnen werden, und andererseits Reststoffe und Ernterückstände aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der lebensmittelverarbeitenden Industrie. Durch das Betriebshandbuch wird die Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Zuge einer nachhaltigen österreichischen Wirtschaftsweise weiter vorangetrieben. Das Projekt trägt also wesentlich zur Umsetzung des Schwerpunkts „Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ bei.

Innovationsgehalt

Durch die Entwicklung eines patentierten Verfahrens zur Produktion von Pflanzenfarbstoffen in Pulverform ist im Projekt ein Innovationsschritt gelungen, der für die Akzeptanz des Verfahrens bei den färbenden Betrieben wesentlich ist. Der Upscale dieses Verfahrens auf einen halbtechnischen Maßstab wurde ebenfalls im Projekt bearbeitet.

Einbeziehung der Zielgruppen

Die beteiligten Unternehmen aus der Textilverarbeitung und dem Textilhandel werden aktiv in den Optimierungsprozess eingebunden. Da diese Unternehmen auch stellvertretend für die Zielgruppen stehen (Textilfärber als Kunde des Pflanzenfarbstoffproduzenten, der Textilhandel als Anbieter für pflanzengefärbten Textilien), werden ihre Möglichkeiten und Anforderungen in das Forschungsprojekt stark miteinbezogen. Sie können daher am Ende der Projektlaufzeit und darüber hinaus mit einem Produkt rechnen, das ihren Ansprüchen entspricht. Damit leistet auch jedes der Unternehmen einen wesentlichen Beitrag zur Nachhaltigkeit und kann dies auch aktiv in seiner Geschäftsphilosophie darstellen. Die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Textilforschung und Textilindustrie kann durch dieses Projekt und die Umsetzung der Ergebnisse in der Praxis wesentlich erhöht werden und so europaweit eine Vorreiterrolle eingenommen werden. Das hohe Interesse der Unternehmen zeigt, dass ein konkretes wirtschaftliches Verwertungsinteresse am Produkt „Pflanzenfarbstoff“ besteht.

Durch die Einbindung von DesignerInnen konnten Informationen über die Wünsche von KonsumentInnen erhoben und berücksichtigt werden. Schließlich muss der Pflanzenfarbstoff auch seine Anwendung finden und das kann er nur wenn die KäuferInnen von Textilien ihn auch wirklich akzeptieren.

Umsetzungspotential

Das Projekt basiert auf bestehenden Ergebnissen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ zu Pflanzenfarbstoffen, die vom Projektteam in **Vorprojekten** durchgeführt wurden (Farb & Stoff, Trademark Farb & Stoff, RiskMin). Im Rahmen des Projektes wurden wesentliche Arbeiten, die zur Implementierung des innovativen Verfahrens zur Herstellung von Pflanzenfarbstoffen in den österreichischen Textilmarkt nötig sind, geleistet.

Das Umsetzungspotential ist hoch – die nächsten Schritte der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH sind die Suche nach Investoren für den technischen Upscale und der Bau der Anlage im halbtechnischen Maßstab zur Aufnahme der Produktion.

Schlussfolgerungen und Ausblick

In den letzten 10 Jahren wurden vom Österreichischen Ökologie-Institut und dem Institut für Textilchemie und Textilphysik der Universität Innsbruck Methoden der Textilfärbung mit pflanzlichen Rohstoffen als erfolversprechende Alternative Färbung mit synthetischen Farbstoffen entwickelt. Neben der technischen Machbarkeit war eines der wichtigsten Ergebnisse, dass die Anwendung von Pflanzenfarbstoff nur dann in die Textilindustrie implementiert werden kann, wenn der Farbstoff mit den für die Industrie notwendigen Qualitäten angeboten werden kann. Im jüngsten Vorgängerprojekt „Riskmin–Risikominimierung entlang der Wertschöpfungskette“ wurden die wirtschaftlichen Chancen für ein solches Unternehmen erforscht und positiv bewertet. In der Folge wurde zur Implementierung und Vermarktung des Produktes die Colors of Nature – Farben der Natur GmbH gegründet.

Begleitend zu den Aktivitäten der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH wurden im Projekt „Colors of Nature – Pflanzenfarbstoff in der Praxis“ Forschungsarbeiten durchgeführt, um den Pflanzenfarbstoff marktreif zu machen.

Im Projekt wurden Erkenntnisse zu folgenden Punkten gewonnen:

- Rohstoffzulieferung: Die Verfügbarkeit der nötigen Rohstoffe ist gegeben, eine Lieferantendatenbank wurde erstellt.
- Abnahmeparameter: Es wurden Mindestqualitätsanforderungen der Rohstoffe und nötige Vorbehandlungsschritte definiert sowie Parameter, die Einfluss auf den Farbstoffoutput haben, recherchiert. Die Anforderungen an die Rohstoffqualität vor der Verarbeitung sind damit klar definiert.
- Technischer Upscale: Unterschiede des Verfahrens im Labormaßstab zum Verfahren im halbtechnischen Maßstab wurden untersucht - der Maschinenpark im halbtechnischen Maßstab wurde beschrieben – wichtige Grundlagen für den Bau einer Anlage im halbtechnischen Maßstab wurden also gewonnen.
- Qualitätsstandards und Musterfärbungen: Es wurden Musterausfärbungen erzeugt, die den Echtheitsansprüchen und sonstigen Qualitätsanforderungen der Firmenpartner aus der textilveredelnden Industrie entsprechen. Aus den Musterausfärbungen wurden Produktkonzepte erzeugt – die Anwendbarkeit der Pflanzenfärbung wurde somit von der Färbung bis zum Endprodukt demonstriert.
- Optimierung der Kooperation der Glieder der textilen Wertschöpfungskette: Es wurde analysiert wie ein intensiver Know-How Austausch zwischen den Gliedern der textilen Wertschöpfungskette beteiligten PartnerInnen zur Prozessoptimierung und Qualitätssteigerung beitragen kann. Durch Feststellung der Bedürfnisse der Beteiligten der Kooperation und der Vorteile aus der Kooperation für jeden Partner konnten nötige Kooperationsinhalte für jeden Partner gegenüber den anderen Partnern der textilen Wertschöpfungskette ermittelt werden. Diese Information wird

als Basis für ein Gelingen der Herstellung und Vermarktung des Produktes Pflanzenfarbstoff verwendet.

- Marketingkonzept: Der Zielmarkt für die Colors of Nature – Farben der Natur GmbH wurde analysiert, Marketingziele festgelegt.

Der nächste Schritt der Colors of Nature – Farben der Natur GmbH ist die Suche nach Investoren zum Bau der Anlage im halbertechnischen Maßstab. Die Erkenntnisse des Projektes sind für diesen Schritt eine unabdingbare Grundlage und tragen dadurch zur Implementierung des Produktes Pflanzenfarbstoff am Markt bei.

Literaturverzeichnis

ADAM L. (2001): Nutzung von Färberpflanzen – Chancen für Landwirtschaft und Industrie. In: Tagungsband zum Symposium Naturfarben – Chancen für Produktinnovation. Potsdam 18. und 19. September 2001. Hrsg.: Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Referat 43, Acker- und Pflanzenbau, Güterfelde.

ADAM L. & DITTMANN B. (2002): Ergebnisse zu Krappanbau und Ernte sowie Aspekte zu Produktlinienentwicklungen mit Pflanzenfarbstoffen. Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Abteilung acker- und Pflanzenbau Güterfelde;
<http://www.nova-institut.de/news-images/20030410-02/Krappanbau-Verwertung.pdf>
[abgerufen am 11.04.2011]

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG (2010): Der Grüne Bericht 2009. Bericht über die wirtschaftliche und soziale Lage der Land- und Forstwirtschaft in Niederösterreich. Hrsg.: Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Landwirtschaftsförderung, St. Pölten.

BFW – BUNDESAMT FÜR WALD (2003): Waldinventur 2000-2002, Wien.
<http://bfw.ac.at/rz/-bfcms.web?dok=4360> [abgerufen am 20.04.2011]
DIN Taschenbuch 381 (2006): Textilprüfung – Farbechtheit. Prüfverfahren. Hrsg.: DIN e.V., 1. Auflage. Beuth Verlag, Berlin.

EU-BIO-VERORDNUNG (2007): EU- Verordnung(EG) Nr. 834/2007 DES RATES vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/ biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91.
http://www.raumberggumpenstein.at/c/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=283&Itemid=100103 [abgerufen am 11.05.2011]

FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2004). Färberpflanzen. Förderung durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Gülzow.
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_167-faerber_2004.pdf [abgerufen am 14.03.2011]

GEISSLER S.; GANGLBERGER E.; BECHTOLD T.; SANDBERG S., SCHÜTZ O.; HARTL A.; REITERER R. (2001): Potential an nachwachsenden Rohstoffen unter Aspekten der Nachhaltigkeit: Produktion von farbstoffliefernden Pflanzen in Österreich und Ihre Nutzung in der Textilindustrie. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

GEISSLER S. & GANGLBERGER E. (2003): FARB&STOFF Sustainable Development durch neue Kooperationen und Prozesse. Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

GROTZKY A. & LÖSCH D. (2004): Färben mit Naturfarbstoffen. <http://www.chf.de/eduthek/-projektarbeit-faerben-mit-naturfarbstoffen.html> [abgerufen am 21.03.2011]

KALT G. (2008): Perspektiven für die energetische Holznutzung bis 2050 unter Berücksichtigung der stofflichen Verwertung. Die in diesem Beitrag vorgestellten Analysen wurden im Zuge des Projekts“ Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen“ erstellt. Projekt im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft, Wien. http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-et_13469.pdf
[abgerufen am 20.04.2011]

LAGONI N. (2003): Arzneiliche Anmerkungen zur Schwarzerle – *Alnus glutinosa* (L.) GAERTNER. In: LWF Wissen – Beiträge zur Schwarzerle, S20-22. Bayerische Landesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Freising.

<http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/42/w42-06-arzneiliche-anmerkungen-zur-schwarzerle-alnus-glutinosa.pdf> [abgerufen am 26.04.2011]

MALTRY W. & ADAM L. (2001): Temperatureinfluss auf die Farbinhaltsstoffe von Färber-Resede und Krapp beim Trocknen. In: Tagungsband zum Symposium Naturfarben – Chancen für Produktinnovation, Potsdam 18. und 19. September 2001. Hrsg.: Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Referat 43, Acker- und Pflanzenbau, Güterfelde.

MARUTZKY R. (2004): Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland. Nutzungssituation – Theoretische und reale Potentiale – Wettbewerbssituation- Preistendenzen. Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI) Braunschweig. Überarbeitetes und ergänztes Referat zum Seminar „Energetische Biomasseverwertung – Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich“ des VDI Wissensforums am 29. und 30. Januar 2004 in Salzburg.

MUSSAK R. (2008): Naturfarbstoffe in der modernen Textilindustrie. Herausforderungen in der Lichteinheit, Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und Beispiele aus der Praxis. VDM Verlag, Saarbrücken.

OEAG Grünland (2011):

<http://www.oeag-gruenland.at/cms/index.php/component/content/article/191.html>

[abgerufen am 19.07.2011]

PRINZ E. (2009): Färberpflanzen – Anleitung zum Färben. Verwendung in Kultur und Medizin. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

PROHOLZ AUSTRIA (2011): Holz ist genial. Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft, Wien. <http://www.proholz.at/holzistgenial/> [abgerufen am 20.04.2011]

RAPPL B.; PLADERER C.; MEISSNER M.; PRAUHART N., ROISER-BEZAN G.; FRIEDRICH B.; EGGER-ROLLIG E.; GANGLBERGER E.; GEISSLER S. (2005): TRADEMARK Farb&Stoff Von der Idee zum marktfähigen Handelsprodukt: Pflanzenfarben für die Textilindustrie. Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

SIEBENBORN S.; MARQUARD R.; HONERMEIER B. (2001): Untersuchungen zur Inkulturnahme und Qualitätsverbesserung der Farbstoffpflanze *Rubia tinctorum* L. (Färberkrapp). Pflanzenbauwissenschaften, 5(2), S. 49-57; Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.

SCHWEPPE H. (1993). Handbuch der Naturfarbstoffe. Vorkommen – Verwendung – Nachweis. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech.

STATISTIK AUSTRIA (2011): Obsternte 2010 aus Erwerbsobstanlagen nach Bundesländern in Tonnen. Ernteerhebung, erstellt am 2. Februar 2011.

[http://www.statistik.at/web_de/statistiken/-](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/-land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/054837.html)

[land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/054837.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/-land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/054837.html)

[abgerufen am 26.04. 2011]

STATISTIK AUSTRIA 2011a: Stat. Datenbanken zur Kategorie Gemüseproduktion ab 1995 (letzte Änderung: 04.02.2011)
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/gemuese/datenbanklinks.html [abgerufen am 26.04.2011]

ULZ A. (2001): Walnuss. *Juglans regia*. K. Müllner Obst- und Gemüsegroßhandel.
<http://www.obst-gemuese.at/product/pages/walnuss> [abgerufen am 26.04.2011]

WÄHLING A.; SCHEMPP C.; ADAM L. (2008): Luteolin – ein Pharmarohstoff aus Färber-Resede (*Reseda luteola* L.). In: Tagungsband Gemeinsame Tagung 18. Bernburger Winterseminar und 5. Fachtagung Arznei- und Gewürzpflanzen. Qualität, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Hrsg.: Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Farbmuster der einzelnen Färberohstoffe Colors of Nature	10
Abbildung 2: Einfluss des Erntezeitpunktes auf Ertrag und Farbstoffgehalt von Färberwau (Quelle: FNR 2004)	12
Abbildung 6: Odrowaz: Verschiedene Materialien gefärbt mit Tannin, Nussschale und Goldrute.....	44
Abbildung 7: Sommerkollektion Reichl (Tannin, Nussschale, Kanadische Goldrute)	44
Abbildung 8: : Färbung bei JM Fussenegger	46
Abbildung 9: Green Gimix: Manschette und Schmuckband.....	47
Abbildung 10: Glieder der Textilen Wertschöpfungskette bei Pflanzenfarbstoffen	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Färberohstoffe inkl. ihrer Farbstoffe und Färbungen	10
Tabelle 2: Baumbestand und Gesamtnutzung im Ertragswald Niederösterreich (Quelle: BFW 2003).....	15
Tabelle 3: Abnahmeparameter für die Rohstoffe bei der Anlieferung – Teil 1	20
Tabelle 4: Abnahmeparameter für die Rohstoffe bei der Anlieferung – Teil 2	21
Tabelle 5: Chargencharakteristik von Färberresedeextrakten (Quelle: ADAM 2001)	25
Tabelle 6: Lagerfähigkeit und Lagerbedingungen einzelner Rohstoffe – Teil 1	27
Tabelle 7: Lagerfähigkeit und Lagerbedingungen einzelner Rohstoffe – Teil 2	28